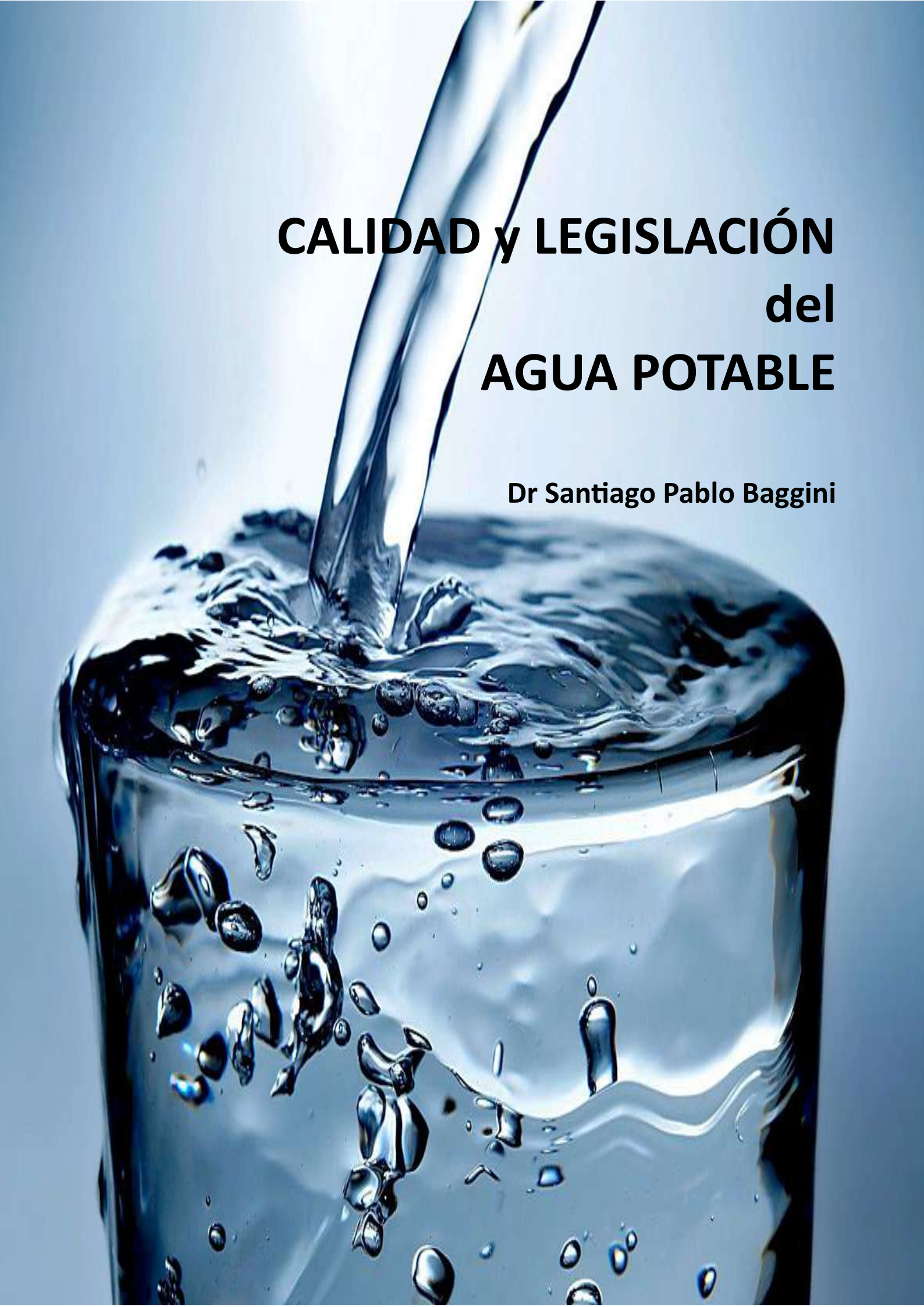


CALIDAD y LEGISLACIÓN del AGUA POTABLE

Dr Santiago Pablo Baggini

ACLARACIÓN LEGAL

Las fotografías del presente documento, son propiedad del autor y publicadas oportunamente con sus fuentes en su Blog Científico: https://bagginis.blogspot.com/

SEGURIDAD ALIMENTARIA, BROMATOLOGÍA y MICROBIOLOGÍA de los ALIMENTOS

CALIDAD DEL AGUA POTABLE (ANÁLISIS DE LABORATORIO Y LEGISLACIÓN)

Capítulo 1: El agua dulce

(Las fotografías de la presentación, son propiedad del autor y publicadas oportunamente con sus fuentes en su Blog científico: SEGURIDAD ALIMENTARIA, BROMATOLOGÍA y MICROBIOLOGÍA de los ALIMENTOS: www.bagginis.blogspot.com)

- **GENERALIDADES**

"Niéguese al hombre su alimento y vivirá por varios días, pero niéguesele la posibilidad de beber agua y sucumbirá en algunas horas" (AGUA, nuestro bien más preciado – Dr. S.P. Baggini)

No es posible entender el fenómeno de la vida sin entender a su componente fundamental: el **AGUA**. La Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó el 22 de diciembre de 1993 la resolución A/RES/47/193, por la que el 22 de marzo de cada año fue declarado **Día Mundial del Agua**, a celebrarse a partir de 1993, en conformidad con las recomendaciones de la Conferencia de la Naciones Unidas sobre Medio Ambiente. El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible. El agua de consumo inocua (agua potable), no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida.

Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal. La aplicación de un enfoque integral a la evaluación y la gestión de los riesgos de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo aumenta la confianza en la inocuidad del agua. Este enfoque conlleva la evaluación sistemática de los riesgos en la totalidad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo, desde el agua de origen y la cuenca de captación al consumidor y la determinación de las medidas que pueden aplicarse para gestionar estos riesgos, así como de métodos para garantizar el funcionamiento eficaz de las medidas de control. El agua como recurso natural estratégico será la causa por la que se desencadenen los próximos conflictos armados, llegando a ser la razón por la que pueda comenzar una nueva guerra mundial.

Hoy en día, alrededor de 700 millones de personas en 43 países sufren las consecuencias de la escasez de agua. El agua es fundamental para la seguridad alimentaria. El ganado y los cultivos necesitan agua para crecer. La agricultura requiere grandes cantidades de agua para regadío, además de agua de calidad para los distintos procesos productivos. El sector agrícola se posiciona como el mayor consumidor de agua del planeta dada su función productiva, no solo de alimentos, sino también de otros cultivos no comestibles como el algodón, el caucho o los aceites industriales cuya producción no deja de crecer. El regadío demanda hoy en día cerca del 70% del agua dulce extraída para uso humano.

Existen nuevas motivaciones para un uso eficiente y sostenible del agua en la industria. La reutilización comienza a percibirse como una opción factible. También la recuperación de compuestos de corrientes líquidas internas. Caminamos hacia un objetivo de vertido cero a partir del desarrollo nuevos modelos circulares alineados con los nuevos retos de la bioeconomía. La relación entre innovación, agua y elaboración de alimentos, unido a un contexto creciente de gestión responsable y al aumento del control medioambiental de las administraciones, está marcando una línea de investigación, desarrollo tecnológico e innovación muy interesante. El mapa de soluciones tecnológicas a los desafíos actuales de gestión hídrica es diverso. Cada empresa deberá aplicar aquel que mejor se adapte a su realidad y contexto. En 2025, debido al cambio climático global y al crecimiento de la población en todo el planeta, esta cifra superará los 3.000 millones. La escasez de agua potable puede provocar en un futuro próximo nuevos conflictos armados que serán más intensos que los desatados para controlar los recursos energéticos, creen los expertos.

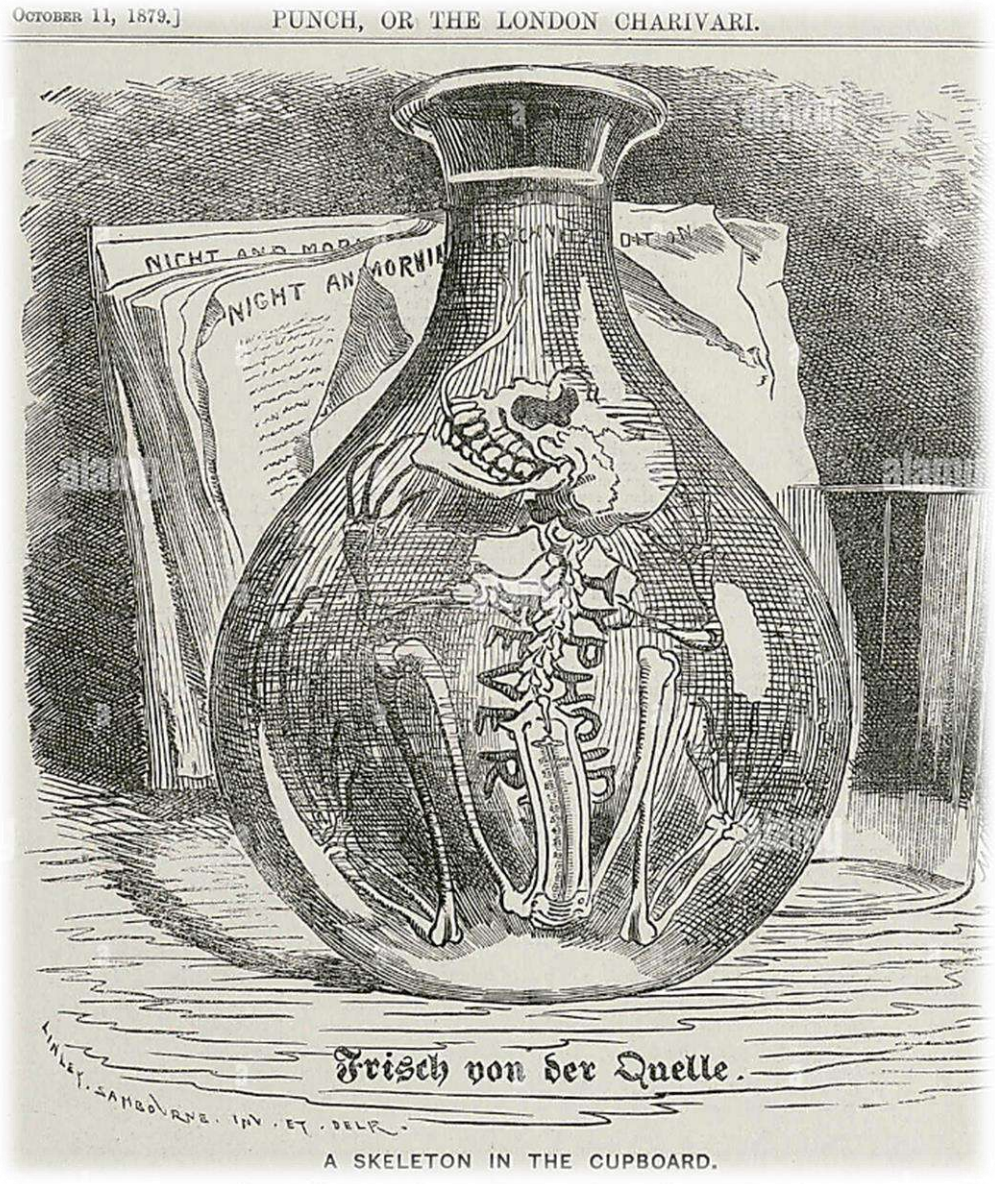
El principal desencadenante de los futuros conflictos será la desigual distribución de los recursos hídricos. Los lugares donde existe mayor escasez de agua en el mundo son Oriente Medio, China, India, Asia Central y África Central y Oriental. Las mejoras en el suministro de agua son oportunidades para solucionar problemas de Salud Pública. De ahí la importancia de establecer modelos de evaluación y gestión integral que garanticen su calidad. Actualmente hay múltiples metodologías para detectar la contaminación microbiana del agua. Sin embargo, los elevados costos que representan, los tiempos de análisis y aislamiento en cultivo de microorganismos, han sido obstáculo para establecer la calidad microbiana del agua para consumo humano.

El uso de microorganismos bioindicadores de calidad del agua disminuye los costos y facilita la implementación de medidas eficientes de tratamiento, control del agua y de enfermedades asociadas a su transmisión.

Las principales actividades que favorecen la contaminación de aguas son las agropecuarias como movilización de animales, cultivos, abonos orgánicos mal procesados y disposición inadecuada de aguas residuales que afectan la calidad microbiológica de las fuentes de agua. Aunque la presencia de microorganismos de transmisión hídrica no está limitada a una región específica en el mundo, o a su nivel de desarrollo, los problemas de desplazamiento, la respuesta ineficiente de los servicios de salud, la poca inversión de los Estados en la garantía de la potabilización del agua para toda la población, la falta de control de brotes y la falta de intervención de los sistemas de salud pública, favorecen la propagación, incidencia, morbilidad y mortalidad asociada a enfermedades relacionadas con el agua de consumo, principalmente en países en vía de desarrollo. La falta de garantías en la seguridad del recurso hídrico hace que la comunidad quede expuesta al riesgo de brotes de enfermedades relacionadas con el agua.

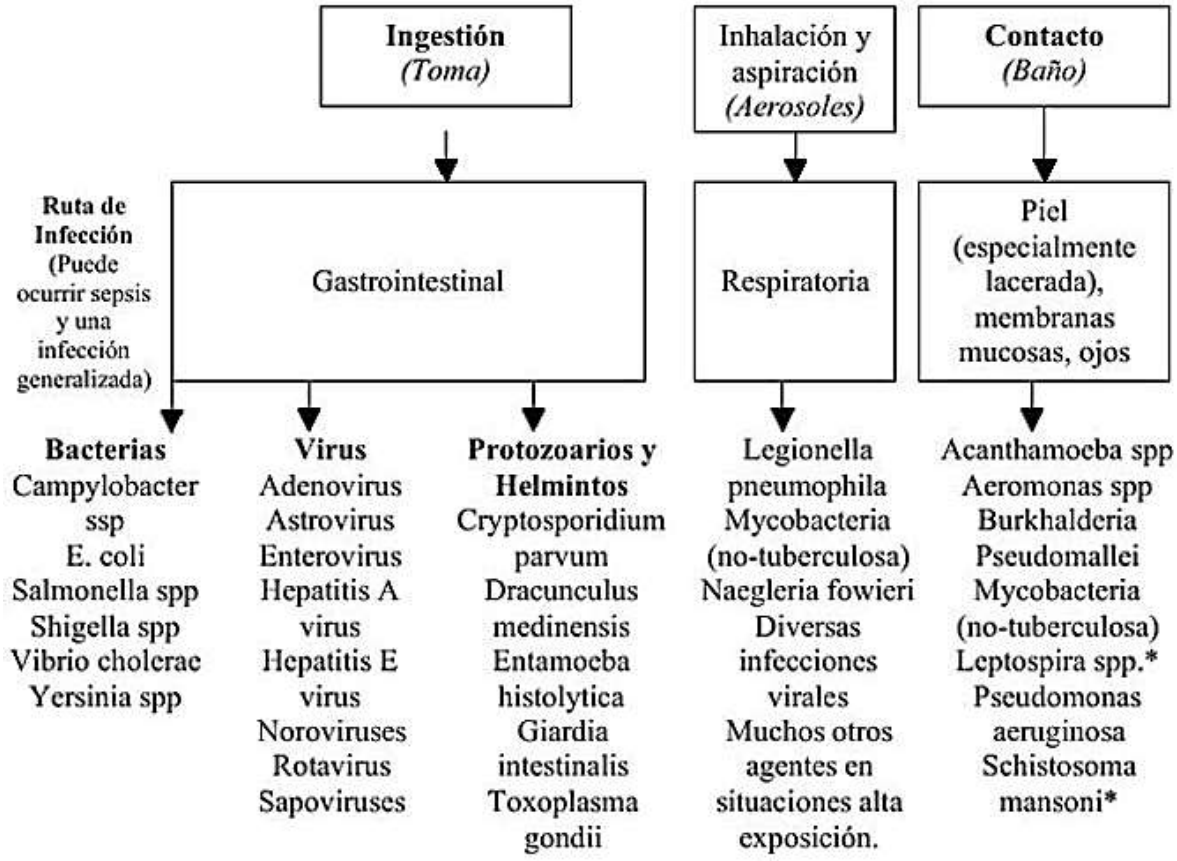
Evitarlos es particularmente importante dado que el agua como vehículo tiene gran potencial de infectar simultáneamente a gran proporción de la población. Los servicios de agua, saneamiento e higiene pueden evitar una amplia gama de enfermedades, entre ellas:

- las debidas a la ingestión de agua contaminada por microorganismos y productos químicos, como la diarrea, la arsenicosis y la fluorosis;
- las enfermedades que, como la esquistosomiasis, tienen un organismo causante que está presente en el agua como parte de su ciclo vital;
- las enfermedades como las helmintiasis transmitidas por el suelo que se deben a las deficiencias de saneamiento e higiene;
- las enfermedades que, como el paludismo y el dengue, transmiten vectores que se reproducen en el agua;
- y otras enfermedades, como la legionelosis, que son causadas por aerosoles que contienen determinados microorganismos.



Un vago entendimiento de la necesidad de proteger las fuentes de agua de la contaminación con residuos y aguas residuales se documenta en archivos históricos como, por ejemplo, en la Biblia. En la Europa medieval, sin embargo, la mayor parte de este conocimiento pragmático fue olvidado, por lo que los residuos orgánicos y las aguas residuales en las ciudades eran dispuestos en malas condiciones. Se pensaba que los brotes regulares de enfermedades diarreicas y el cólera estaban relacionadas con las condiciones atmosféricas locales y no con agua contaminada. A pesar de esta teoría el padre de la Epidemiología moderna John Snow llegó a la conclusión que una bomba de agua en Broad Street fue la causa del brote de cólera en Londres. Uno de los primeros brotes de los que se obtuvo una conclusión a partir de pruebas fue el brote de fiebre tifoidea en 1919 en Pforzheim, Alemania, que causó 4.000 casos y dio lugar a 400 muertes. Las enfermedades transmitidas por el agua son de distribución mundial, causantes de epidemias tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo. Son una de las principales razones de los 4 mil millones de casos de diarrea, que causan anualmente 1,6 millones de muertes en el mundo (OMS – 2022). Como agravante es responsable del 21% de muertes en niños menores de cinco años de edad. Estas enfermedades tienen alto subregistro y su etiología es rara; pueden ser virales, bacterianas, micóticas o parasitarias. Dentro de estas, como se menciona previamente, encontramos las infecciones por virus entéricos, bacterias como *Campylobacter sp., E. coli entero hemorrágica, Y. enterocolitica, H. pylori, L. pneumophila, P. aeruginosa, Aeromonas, Cryptosporidium spp., G. intestinalis, T. gondii, E. histolytica, Acantameba spp., C. cayetanensis, C. belli, B. hominis, Sarcocystis spp. y B. coli*.

BIOINDICADORES PRESENTES EN EL AGUA (OMS – 2010)



Hoy en día en la mayoría de países industrializados el agua potable está clasificada como **alimento**, y existen numerosas normas, establecidas para garantizar su calidad y seguridad. Los estrictos requisitos microbiológicos, especifican que el contenido bacteriano debe ser muy bajo y que los patógenos deben ser detectados y eliminados. El descubrimiento de nuevos microorganismos y los conocimientos existentes sobre la microbiología del agua, requieren un diseño más elaborado de estas normas, que eviten la aparición de bacterias, virus, hongos y parásitos potencialmente patógenos en el agua de consumo. Las recientes directrices y legislación impartida por la OMS, afirman que el agua potable debe contener microorganismos patógenos sólo en un número tan bajo que el riesgo de contraer infecciones transmitidas por el agua esté por debajo de un límite aceptable. El cumplimiento de estos requisitos exige la protección de los recursos y el riguroso tratamiento del agua cruda, así como el control de calidad exhaustivo del proceso. Sin embargo, la evaluación del comportamiento de los agentes patógenos en el agua potable es también esencial como base para futuras mejoras en el proceso de tratamiento y la generación de nuevos reglamentos.

Las investigaciones asociadas a estas enfermedades, han dado lugar a la formulación de recomendaciones a las autoridades nacionales relacionadas con la gestión de brote, la prevención de brotes similares en el futuro y el fomento de un enfoque intersectorial. La mayoría de estos microorganismos se transmiten de manera oral y la exposición a ellos se da a través de aguas y suelos contaminados con materia fecal. Un saneamiento eficiente y un mejor abastecimiento de agua, son las principales medidas de seguridad contra los riesgos que representan estos patógenos. Ante la sospecha de contaminación del agua potable, los procedimientos deben estar en su lugar con el fin de facilitar la acción oportuna y controlar el riesgo para la salud pública. Por lo tanto y principalmente en los países desarrollados se han propuesto una serie de recomendaciones a corto y largo plazo, incluyendo el aumento de la vigilancia de las fuentes de agua y aguas de consumo y la introducción de equipos de medición automáticos y permanentes, además de garantía del cloro residual hasta el sitio de disposición.

En vista de la aparición de patógenos emergentes asociados con brotes, algunos de los cuales aún son capaces de multiplicarse en el sistema de abastecimiento de agua, la Unión Europea creó una nueva directriz para el manejo del agua, que establece el agua para consumo humano como aquella libre de cualquier microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un peligro potencial para la salud humana. Esto significa que los microorganismos patógenos se toleran en el agua que es para consumo humano, siempre y cuando estén presentes en concentraciones que no causen problemas de salud, tales como brotes o un número elevado de casos esporádicos. La Organización Mundial de la Salud ha adoptado un punto de vista similar.

Esta afirmación conduce, por supuesto, a la cuestión del riesgo aceptable de infección por microorganismos patógenos en el agua y la concentración máxima tolerable de los microorganismos correspondientes a ese riesgo. El agua, es un recurso natural que, conjuntamente con el suelo y la atmósfera, constituyen un trípode esencial para la vida, es un recurso vital, al extremo que los seres vivos estamos conformados en gran parte por él.

Como recurso natural, forma parte de la dimensión natural del ambiente, al que ontológicamente conceptualizamos como "todo lo que rodea al hombre, que puede influenciarlo y que puede ser influenciado por él", y que jurídicamente calificamos como un bien jurídico público de titularidad colectiva. En el devenir de la humanidad, el hombre ha tenido distintas formas de relacionarse con la naturaleza y así se reconocen desde el punto de vista filosófico jurídico, lo que se da en llamar un antropocentrismo fuerte, un antropocentrismo débil o moderado y el biocentrismo, vinculado a una concepción holística del ambiente y a la llamada ecología profunda. El antropocentrismo débil o moderado, con obligaciones negativas y positivas del hombre hacia la naturaleza, es la concepción dominante, en especial a partir de la revolución industrial, que derivó en la toma de conciencia de que la naturaleza es finita en su capacidad de adaptación al actuar del hombre y que llevó a elaboración de principios ambientales a través de convenciones, tratados y reglamentaciones.

A partir de estos acontecimientos, se consolidó el reconocimiento del **Derecho Ambiental** como rama jurídica, no obstante tener y mantener la problemática ambiental, el carecer de interdisciplinaria, la que se tipifica a su vez por cuanto trasciende o no reconoce límites geográficos o políticos. Existen en ese contexto una serie de conflictos ambientales de especial significación para el futuro de la humanidad. Así, el cambio climático por la acción del hombre; la lluvia ácida; el agujero de la capa de ozono; el efecto invernadero; la desertificación; la protección de la biodiversidad; la protección de la Amazonia; la biotecnología; la escasez de agua potable; la generación de energía de baja entropía; los distintos tipos de residuos; el uso de celulares y electromagnetismo; la pobreza; la marginalidad; la drogadicción; etc. En la actualidad (año 2023), la población mundial asciende a más de 8.000 millones de personas. Unos 3.600 millones de personas sufren de escasez de agua durante al menos un mes al año, cifra que podría aumentar a entre 4.800 y 5.700 millones de personas en el año 2050.

Además, la demanda mundial de agua crece cada año un 1%, y lo seguirá haciendo en las dos próximas décadas debido al crecimiento demográfico, a los cambios en los patrones de consumo y al desarrollo económico. Por otra parte, la demanda industrial y doméstica de agua aumentará más rápido que la demanda agrícola, si bien este sector seguirá siendo el mayor consumidor del agua. En términos generales, la demanda seguirá aumentando significativamente en los países con economías emergentes y en desarrollo. El agua es un recurso vital, no sólo para el ser humano, sino para la biosfera. Desde esta perspectiva, el agua no es en sí mismo un recurso natural estratégico, sino que estratégico debe ser su uso y aprovechamiento, por la importancia y significación que cabe asignarle para el desarrollo de la vida, ya que se ha dicho, sin agua, no hay vida. El ser humano, no sólo utiliza el agua para la bebida y alimentación, siendo el acceso al agua potable un elemento relevante del concepto de "calidad de vida", sino también para el cultivo y como materia prima o vehículo de numerosos procesos industriales o vinculados a la salud pública. Así como su existencia en volúmenes adecuados, favorecen el desenvolvimiento de las actividades económicas y comunitarias de un territorio, su escasez o exceso son causa de calamidades para las poblaciones. El hombre siempre ha buscado la proximidad de los cursos o fuentes de agua para su asentamiento. Las grandes civilizaciones y el progreso de los pueblos, han estado asociados regularmente a un curso de agua, el que debe servir racional y equitativamente a las diferentes regiones que atraviesa, en un esquema integral de la cuenca hídrica.

- **EL CICLO DEL AGUA**

Los grandes consumos de agua están concentrados mayoritariamente en la actividad agraria, que utiliza más del 70% de las aguas consumidas. Partiendo de los conflictos que ocasiona la escasez del recurso agua, paradójicamente, después de la atmósfera es el más abundante en la naturaleza, pues alrededor del 75% de la superficie del globo terráqueo está cubierta por las grandes masas de agua que forman los mares y océanos. Estos, concentran el 97% del agua total del planeta, sin embargo, esos inmensos recursos hídricos no pueden ser utilizados por el hombre para satisfacer sus necesidades comunes, debido al alto contenido salino, no obstante, de esos inmensos reservorios de agua del mundo, se generan prioritariamente el agua que utiliza la humanidad. Hay un proceso de conversión natural que significa el ciclo hidrológico, pues el agua en virtud de la radiación solar, pasa del estado líquido al de vapor de agua, difundiéndose en el aire y a medida que el aire humedecido se eleva, se produce su enfriamiento hasta alcanzar el nivel de condensación que da lugar a la formación de nubes y cuando las partículas que forman las nubes son demasiado grandes, se precipitan en forma de lluvia, nieve o granizo. Una parte de la lluvia cae en los mares y océanos, o se precipita sobre la tierra donde es utilizada por las plantas que la devuelven a la atmósfera en el proceso de transpiración, otra parte se escurre en la superficie y forma los ríos, arroyos, lagos, lagunas y esteros y por último, otra porción se filtra al interior de la tierra, dando lugar a las aguas subterráneas, muchas de las cuales, a su vez descargan en los mares y océanos. Correlativamente el agua dulce, equivale al 3% restante, siendo las aguas superficiales alrededor de un 1%, menos del 1% las aguas subterráneas y el remanente, está concentrado en los casquetes polares.

El hombre utiliza todas las formas en que el agua se presenta en la naturaleza, para lo cual construye embalses, diques, canales, tomas o ejecuta perforaciones que posibilitan un acceso continuado al recurso, con el que satisface diversas necesidades Es así que cabe clasificar a las aguas en superficiales, subterráneas, atmosféricas, marinas y oceánicas, y sus usos en consuntivos y no consuntivos, dependiendo ello si a través del uso y aprovechamiento, se produce o no el consumo del recurso. Uno de los grandes problemas que debe afrontar la humanidad, es el acceso al agua, fundamentalmente al agua potable. Tres son las directivas que debe seguir para preservar y aumentar las existencias de aguas disponibles:

1- **Evitar su evaporación, mejorando las condiciones en que están expuestas las aguas a los efectos del aire y el sol**
2- **Perfeccionar las técnicas de aprovechamiento, evitando pérdidas en los procesos y favoreciendo el reciclaje**
3- **Reducir al mínimo la contaminación o infición producida por los efluentes domésticos, industriales o agrarios.**

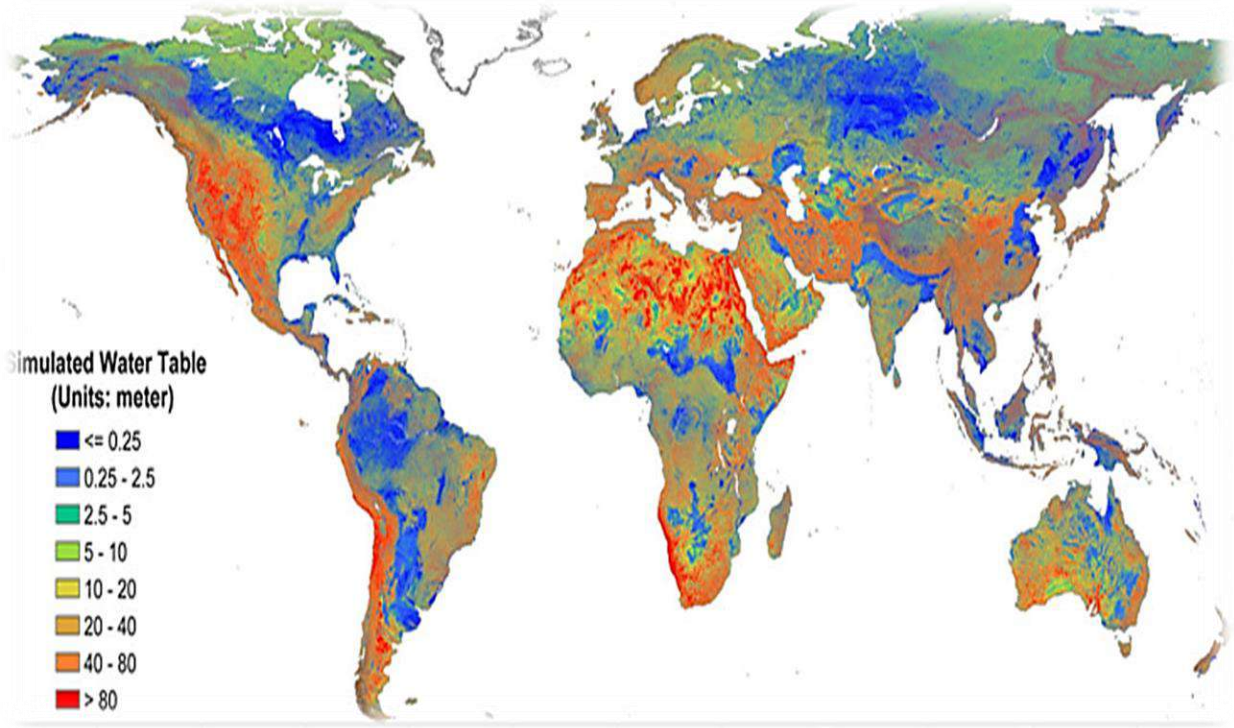
La contaminación puede obedecer a causas naturales o al actuar del hombre. La capacidad del agua para absorber las cargas contaminantes, no es ilimitada. Las principales causas de contaminación del agua son los efluentes líquidos domésticos e industriales, fundamentalmente gérmenes patógenos, detergentes, nitratos y fosfatos.

La relación hombre – agua en las diferentes sociedades, con variados procesos de desarrollo socioeconómico, ha dictado las formas de percibir el agua: Don de la naturaleza; recurso natural, casi no renovable. Las experiencias de sequías e inundaciones, el deterioro de su calidad, y los modelos de desarrollo adoptados por las naciones han determinado la postura de las comunidades frente al agua y su aprovechamiento. El desarrollo de los pueblos ha estado estrechamente vinculado con el agua, ya que es un factor importante en la selección de sitios para ubicar plantas industriales de todo tipo y en el desarrollo de los centros urbanos y agropecuarios. Cuando el crecimiento urbano supera la disponibilidad del agua local o cercana se alteran los usos del agua, la empleada en riego se cambia a la industria o a las ciudades, o bien, resulta obligado importarla de otras cuencas, a distancias considerables y con altos costos económicos y a veces sociales.

Esta situación impacta el proceso de desarrollo, genera conflictos y obliga a nuevas formas regionales y locales de planeación y gestión del recurso –no siempre– dentro del marco de desarrollo sustentable. El crecimiento demográfico y económico, la ausencia histórica de criterios de conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el crecimiento de los regímenes de demanda de agua a nivel regional y la contaminación del líquido, han ocasionado en varios casos que éste se torne escaso. Esto conduce a una competencia por el recurso, que se agudiza en años de sequías, desemboca en conflictos que afectan a las comunidades en su desarrollo actual e impactan negativamente su viabilidad futura. Así, el control, el aprovechamiento racional y la preservación del agua a todos los niveles, nacional, regional y local, son estratégicos para el desarrollo del país. El agua promueve o desincentiva el crecimiento económico y el desarrollo social de una región. También afecta los patrones de vida y de cultura regionales, por lo que se le reconoce como un agente preponderante en el desarrollo de las comunidades. En este sentido, es un factor indispensable en el proceso de desarrollo regional o nacional.

- **DISPONIBILIDAD Y USO DEL AGUA**

Los problemas relativos a las aguas dulces de la Tierra ponen de relieve el dilema que se plantea a la humanidad. El agua dulce está surgiendo como uno de los problemas más críticos de los recursos naturales que enfrenta la humanidad. A partir del año 2000, la población mundial se expandió rápidamente. La tierra no tiene más agua ahora que 2.000 años atrás, cuando estaba habitada por menos del 3% de la población actual. El agua es, literalmente, la fuente de vida en la tierra. El 70% del cuerpo humano es agua. Una persona comienza a sentir sed después de perder solo 1% de líquido corporal y corre peligro de muerte si la pérdida de líquido se aproxima al 10%. El ser humano puede sobrevivir por sólo unos pocos días sin agua dulce. En un número creciente de lugares los habitantes están extrayendo agua de ríos, lagos y fuentes subterráneas más rápidamente de lo que demora en renovarse. Se estima que el crecimiento demográfico por sí solo llevará a que 17 países más, con una población proyectada de 2.100 millones, pasen dentro de los próximos 30 años a la categoría de países con escasez de agua. Hacia el año 2025, 48 países con más de 2.800 millones de habitantes (35% de la población mundial proyectada para 2025), se verá afectada por el problema hídrico o la escasez de agua y otros nueve países, inclusive China y Pakistán, estarán próximos a sufrir tensión hídrica.

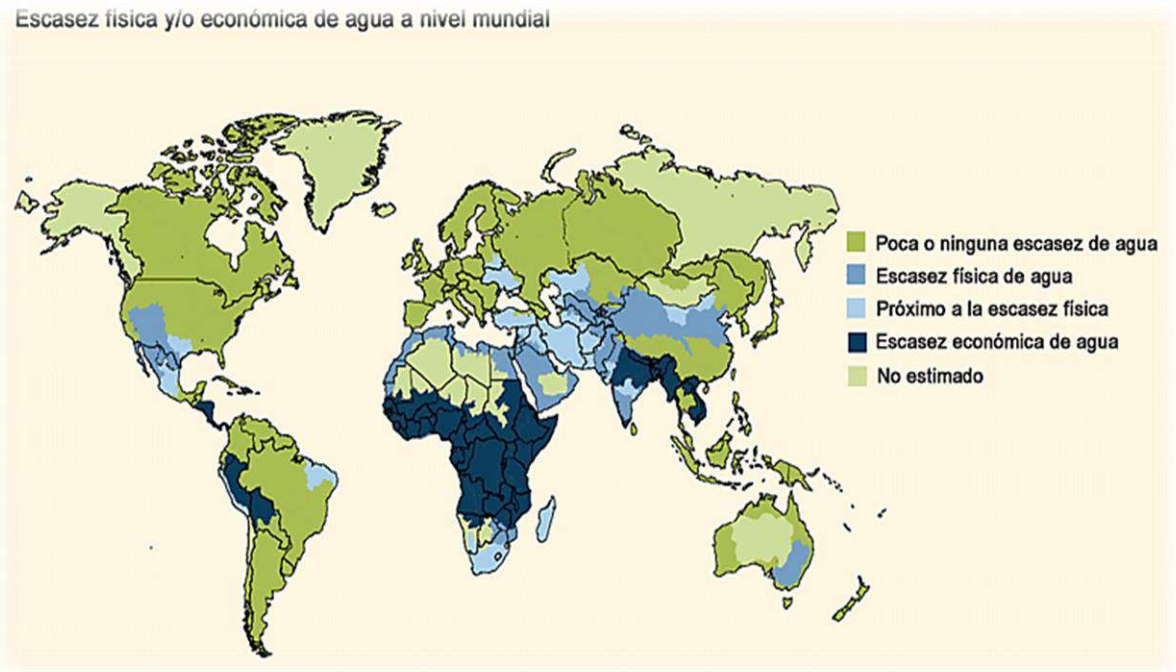


RESERVAS DE AGUA EN EL MUNDO – OMS (2020) (Metros hasta napa freática)

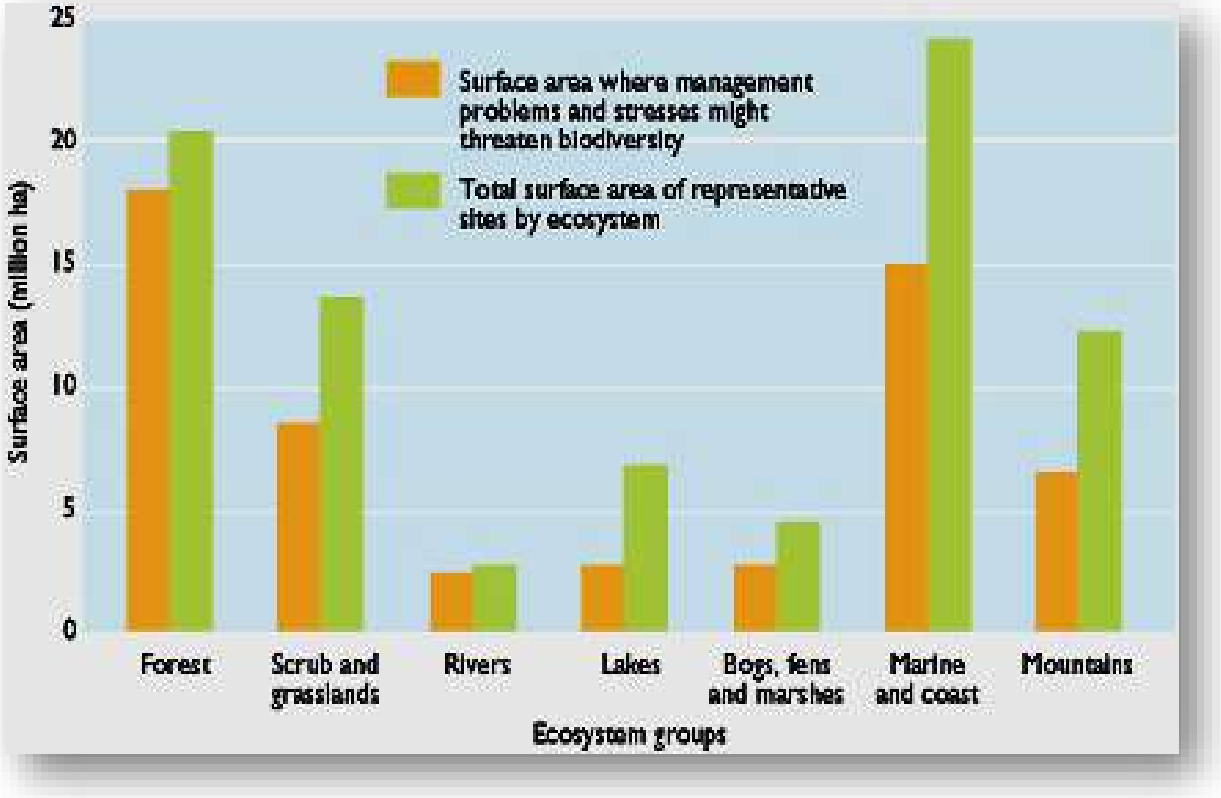
Más allá del impacto del crecimiento mismo de la población, la demanda de agua dulce ha estado aumentando en respuesta al desarrollo industrial, la dependencia creciente en la agricultura de regadío, la urbanización masiva y los niveles de vida más altos. En este siglo, mientras la población mundial se ha triplicado, la extracción de agua ha aumentado más de seis vece. Desde 1940 la extracción mundial de agua por año ha aumentado en promedio entre 2,5% y 3% por año, en comparación con un crecimiento anual de la población de 1,5% a 2%.

En el decenio pasado la extracción de agua en los países en desarrollo ha estado aumentando a razón de 4% a 8% por año. Asimismo, el suministro de agua dulce de que dispone la humanidad se está reduciendo a raíz de la creciente contaminación de muchos de esos recursos hídricos. En algunos países los lagos y ríos se han transformado en receptáculos de una variedad de desechos de distintas características, inclusive aguas negras municipales parcialmente tratadas, efluentes industriales tóxicos y sustancias químicas de las actividades agrícolas lixiviadas en las aguas de superficie y freáticas. Al encontrarse entre suministros de agua limitados y crecientemente contaminados por una parte y la demanda rápidamente creciente del crecimiento demográfico y el desarrollo por otra, muchos países en desarrollo enfrentan decisiones problemáticas. La insuficiencia de agua dulce probablemente sea uno de los principales factores que coarten el desarrollo económico en los decenios venideros, según último informe (año 2022) del Banco Mundial.

Para evitar la crisis del agua, sobre todo en países donde ya escasea y la población crece rápidamente, es vital contener el aumento de la demanda de agua mediante una mejor gestión de este recurso mientras se retarda a la brevedad posible el crecimiento de la población. Los programas de planificación familiar son muy importantes, no sólo para la salud reproductiva, sino también para la sostenibilidad del uso de agua dulce y otros recursos naturales en relación con el tamaño de la población. Conforme aumenta la población, aumenta también la demanda de agua dulce para la producción de alimentos, el uso doméstico (municipal) e industrial. La disponibilidad de agua dulce impone límites al número de personas que puede sostener una zona e influye en el nivel de vida. A su vez, el crecimiento y densidad de la población afectan habitualmente la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos de una zona cuando los habitantes tratan de abastecerse de agua cavando pozos, construyendo depósitos y embalses y desviando el curso de los ríos. Si las necesidades son constantemente superiores a los suministros disponibles, en algún momento el uso excesivo de agua lleva al agotamiento de los recursos hídricos de superficie y subterráneos y provoca la escasez crónica de agua.



Los suministros escasos e impuros de agua son problemas críticos de salud pública en gran parte del mundo. El agua contaminada, los déficit de agua y las condiciones de vida insalubres causan la muerte de más de 12 millones de personas por año. Conforme la Organización Mundial de la Salud (OMS – 2022) en el atlas difundido en la Conferencia Ministerial Europea sobre Salud y Medioambiente, que se realizó en Budapest, Hungría, revela que sólo en América Latina y en el Caribe, la falta de acceso al agua potable y a servicios sanitarios, ocasiona 36.000 muertes de menores de cinco años anuales.



La competencia por el suministro de agua dulce produce tensiones sociales y políticas. Las cuencas fluviales y otras masas de agua no respetan las fronteras nacionales. Así, por ejemplo, la utilización del agua por un país situado aguas arriba suele menoscabar el suministro disponible para los países situados aguas abajo. A comienzos del siglo XXI se vislumbra el peligro creciente de conflictos armados por el acceso a suministros de agua dulce.

Un 70% de la superficie de la tierra es agua, pero la mayor parte de ésta es oceánica. En volumen, sólo 3% de toda el agua del mundo es agua dulce, y en su mayor parte no se halla generalmente disponible. Unas tres cuartas partes de toda el agua dulce se halla inaccesible, en forma de casquetes de hielo y glaciares situados en zonas polares muy alejadas de la mayor parte de los centros de población; sólo un 1% es agua dulce superficial fácilmente accesible. Ésta es primordialmente el agua que se encuentra en los lagos y ríos y a poca profundidad en el suelo, de donde puede extraerse sin mayor costo. Sólo esa cantidad de agua se renueva habitualmente con la lluvia y las nevadas y es, por tanto, un recurso sostenible. En total, sólo un centésimo del uno por ciento del suministro total de agua del mundo se considera fácilmente accesible para uso humano.

Se considera que, mundialmente, se dispone de 12.500 a 14.000 millones de metros cúbicos de agua (12.500 a 14.000 kilómetros cúbicos) por año para uso humano. Esto representa unos 9.00 metros cúbicos por persona por año, según se estimó en 1989. (1 metro cúbico es igual a 1.000 litros). Se proyecta que en el año 2025 la disponibilidad global de agua dulce per cápita descenderá a 5.100 metros cúbicos por persona, al sumarse otros 2.000 millones de habitantes a la población del mundo. Aun entonces esta cantidad sería suficiente para satisfacer las necesidades humanas si el agua estuviera distribuida por igual entre todos los habitantes del mundo. Pero las cifras per cápita sobre la disponibilidad de agua presentan un cuadro engañoso. El agua dulce mundialmente disponible no está equitativamente distribuida en el mundo, ni en todas las estaciones del año, ni de año a año. En algunos casos el agua no está donde la queremos, ni en cantidad suficiente. En otros casos tenemos demasiada agua en el lugar equivocado y cuando no hace falta.

El ciclo hidrológico de la tierra actúa como una enorme bomba que continuamente transfiere agua dulce de los océanos a la tierra y de vuelta al mar. En este ciclo de energía solar, el agua se evapora de la superficie de la tierra a la atmósfera, de donde cae en forma de lluvia o nieve. Parte de esta precipitación vuelve a evaporarse dentro de la atmósfera. Otra parte comienza el viaje de vuelta al mar a través de arroyos, ríos y lagos. Y aun otra parte se filtra dentro del suelo y se convierte en humedad del suelo o en agua de superficie. Las plantas incorporan la humedad del suelo en sus tejidos y la liberan en la atmósfera en el proceso de evapotranspiración. Gran parte del agua subterránea finalmente vuelve a pasar al caudal de las aguas de superficie.

- ## DISTRIBUCION DEL AGUA DULCE

El ciclo hidrológico no ofrece garantías a la humanidad. Unas tres cuartas partes de las precipitaciones anuales caen en zonas que contienen menos de un tercio de la población mundial. Dicho a la inversa, dos tercios de la población mundial viven en zonas que reciben sólo un cuarto de las precipitaciones anuales del mundo. Por ejemplo, un 20% de la escorrentía media mundial por año corresponde a la cuenca amazónica, una vasta región con menos de 10 millones de habitantes, o sea, una minúscula fracción de la población mundial. De manera similar, el río Congo y sus tributarios representan un 30% de la escorrentía anual del entero continente africano, pero esa cuenca hidrográfica contiene sólo 10% de la población de África. Más de la mitad de la escorrentía global tiene lugar en Asia y Sudamérica (31% y 25%, respectivamente). Pero si se considera la disponibilidad per cápita, Norteamérica tiene la mayor cantidad de agua dulce disponible, con más de 19.000 metros cúbicos por año, según estimaciones de 1990. En cambio, la cantidad per cápita es apenas superior a 4.700 metros cúbicos en Asia (incluido el Cercano Oriente).

La disponibilidad de agua también exhibe notables diferencias dentro de los países. En México, menos del 10% de la extensión territorial proporciona más de la mitad de la escorrentía nacional del agua de lluvia. Pese al hecho de que 90% de México es árido y crónicamente escaso de agua, la disponibilidad total de agua per cápita en 1990 era de más de 4.000 metros cúbicos. Esta cifra es sumamente engañosa como medida de la disponibilidad real de agua para la mayoría de los mexicanos.

En gran parte del mundo en desarrollo el suministro de agua dulce tiene lugar en forma de lluvias estacionales. Esa agua se escurre demasiado rápidamente para utilizarla de manera eficiente, como ocurre durante los monzones en Asia. La India, por ejemplo, recibe el 90% de las precipitaciones durante la estación de los monzones en el verano, desde junio a septiembre. En los ocho meses restantes el país recibe apenas unas gotas de lluvia. Como resultado de la naturaleza estacional del suministro de agua, la India y algunos otros países en desarrollo no pueden aprovechar más del 20% de los recursos potencialmente disponibles de agua dulce.

- **ALTERACION DE LOS SISTEMAS DE SUMINISTRO**

Como las sociedades con escasez de agua han venido haciendo por cientos de años, muchos países tratan de transportar el agua desde su lugar de origen al lugar donde la gente la quiere, y de almacenarla para su futura utilización. Los egipcios construyeron miles de canales y acequias para captar las aguas del Nilo y regar con ellas sus cultivos. En el primer siglo de la era cristiana, ingenieros romanos construyeron gigantescos acueductos que abastecían a Roma de agua extraída de lugares distantes hasta 100 kilómetros. En el mundo existen unas 40.000 presas de más de 15 metros de altura, construidas en su mayoría en los últimos 50 años. Si bien las presas ayudan a asegurar un suministro constante de agua, a menudo ponen en peligro los ecosistemas acuáticos al perturbar los ciclos de anegación, bloquear los canales fluviales, alterar el curso de los ríos, las llanuras aluviales, deltas y otras zonas pantanosas, y poner en peligro la vida vegetal y animal.

Es difícil estimar la cantidad de agua que se necesita para mantener estándares de vida aceptables o mínimos. Además, las diferentes fuentes de información emplean diferentes cifras para el consumo total de agua y para el uso del agua por sector de la economía. En general se considera que un volumen de 20 a 40 litros de agua dulce por persona por día es el mínimo necesario para satisfacer las necesidades de beber y saneamiento solamente.

Si también se incluye el agua para bañarse y cocinar, esta cifra varía entre 27 y 200 litros per cápita por día. La cantidad de agua que las personas realmente utilizan en un país depende no sólo de las necesidades mínimas y de cuánta agua se dispone para el uso, sino también del nivel de desarrollo económico y del grado de urbanización. Mundialmente, de las tres categorías corrientes del uso de agua dulce —para la agricultura, la industria y el uso doméstico (personal, familiar y municipal)— la agricultura es la que domina. En el plano mundial, la agricultura representa un 69% de todas las extracciones anuales de agua; la industria, un 23%, y el uso doméstico, un 8%.

Existen grandes diferencias por región. En África se estima que 88% del agua dulce se utiliza para la agricultura, 7% para fines domésticos y 5% para la industria. En Asia el agua también se utiliza sobre todo para la agricultura, que según las estimaciones representa el 86% del uso total, mientras que la industria sólo representa el 8% y el uso doméstico, el 6%. En Europa, sin embargo, el agua se utiliza en su mayor parte para la industria, con 54% del total, mientras la agricultura representa el 33% y el uso doméstico el 13%. El nivel de desarrollo económico de un país se refleja, además de ser una forma clave de medir el mismo, en el volumen de agua dulce que éste consume. La gente de aquellas regiones del mundo en desarrollo usa mucha menos agua per cápita que en regiones desarrolladas. En África, la extracción de agua anual per cápita para uso personal tiene un promedio de 17 metros cúbicos solamente (igual a 47 litros de agua por día), y en Asia, 31 metros cúbicos (igual a 87 litros por día). Por contraste, se estima que un uso comparable de agua en el Reino Unido sería de 122 metros cúbicos por año (334 litros por día), y en los Estados Unidas, 211 metros cúbicos por año (578 litros por día).

Los países en desarrollo dedican casi toda el agua disponible a la agricultura. La India, por ejemplo, utiliza 90% del agua para la agricultura y sólo 7% para la industria y 3% para uso doméstico. Cuanto más alto es el nivel de desarrollo, más agua se utiliza para fines domésticos e industriales y menos para la agricultura. Pero hay algunas importantes excepciones a la regla. Japón, por ejemplo, aún utiliza la mayor parte del agua dulce para el riego de los arrozales. También en algunas zonas áridas de Europa, como España y Portugal, la mayor parte del agua disponible se utiliza para la agricultura de regadío. En todo el mundo la demanda de agua dulce per cápita se está elevando considerablemente a medida que los países se desarrollan económicamente. La extracción de agua ha aumentado en las tres categorías principales del uso, para satisfacer la creciente demanda industrial, la creciente demanda doméstica, incluidos los servicios municipales, y la creciente dependencia del riego para la producción de alimentos.

- **URBANIZACION**

El nivel de uso del agua también pone de manifiesto el nivel de urbanización de un país. El bajo uso doméstico actual en muchos países en desarrollo a menudo refleja lo difícil que es obtener agua dulce. Los sistemas de agua por tubería son raros en las zonas rurales. Dos tercios de la población mundial, en su mayor parte en los países en desarrollo, obtienen el agua en fuentes públicas, pozos comunales, ríos y lagos, o el agua de lluvia recogida de los techos.

Con frecuencia, la población rural, generalmente mujeres y niñas, deben caminar varios kilómetros y pasar muchas horas yendo a buscar agua para la familia. En África, por ejemplo, las mujeres y niñas pasan 40.000 millones horas por persona por año acarreando agua. Con la urbanización, el uso de agua aumenta notablemente. En 1900, por ejemplo, la familia media norteamericana utilizaba solo 10 metros cúbicos de agua por año, en comparación con más de 200 metros cúbicos hoy día. ¿Por qué? Cien años atrás, casi todos los habitantes de Estados Unidos extraían el agua de pozos y tomas de agua públicas. La mayoría de los hogares no disponían de agua corriente, excepto en las grandes ciudades, y la mayor parte de la población vivía en zonas rurales. Hoy, en cambio, prácticamente todos los hogares de Estados Unidos tienen agua corriente, que les cuesta muy poco a los usuarios.

A medida que el mundo se vuelve predominantemente urbano y la agricultura depende cada vez más del riego, será difícil para las ciudades satisfacer la demanda creciente de agua. En los países en desarrollo el rápido crecimiento urbano suele ejercer tremenda presión en los sistemas de abastecimiento de agua anticuados e inadecuados. Entre 1950 y 1980, por ejemplo, se triplicó e incluso se cuadruplicó la población de muchas ciudades de América Latina, como Bogotá, México D.F., Sao Paulo y Managua.

En ciudades sudafricanas como Nairobi, Dar es Salaam, Lagos y Kinshasa la población aumentó siete veces, sobre todo a causa del éxodo rural. En los años noventa, las ciudades de los países en desarrollo recibieron unos 60 millones de nuevos habitantes por año. Pero muchos organismos no están equipados para administrar el abastecimiento municipal de agua, mientras algunos países tienen sistemas ineficaces de asignación del agua que lleva a que ésta escasee en las ciudades al mismo tiempo que se usan los recursos hídricos para la agricultura subvencionada.

Los años de rápido crecimiento demográfico y el creciente consumo de agua para la agricultura, la industria y las municipalidades han creado tensiones en los recursos de agua dulce mundialmente. En algunas zonas la demanda de agua ya es superior al suministro de la naturaleza, y se prevé que un número cada vez mayor de países enfrentarán condiciones de escasez de agua en un futuro cercano.

- **CRECIMIENTO DE LA POBLACION**

La población del mundo, es de más de 8.000 millones (2022 – ONU) y está creciendo a razón de unos 80 millones por año. Esta cifra entraña un aumento de la demanda de agua dulce de aproximadamente 64.000 millones de metros cúbicos por año, cantidad equivalente a todo el caudal anual del Rin. Si bien las tasas de crecimiento de la población se han frenado algo, el número absoluto de habitantes que se añaden cada año a la población, la cifra pertinente para considerar la disponibilidad y necesidad de agua dulce, permanece cerca de los niveles más altos de la historia. Para dar un ejemplo, como desde 1970 se han añadido al planeta casi 2.000 millones de habitantes, se dispone ahora de un tercio menos de agua per cápita que entonces. China y la India, que ocupan, respectivamente, el primero y el segundo lugar entre los países más populosos del mundo, ofrecen ejemplos de la manera en que aun modestas tasas de crecimiento demográfico se traducen en grandes números absolutos cuando la base poblacional es grande.

En China la tasa de crecimiento de la población estimada en 2021 es de al menos un 1% por año. Pero como la población de China es de más de 1.400 millones de habitantes, aun una tasa de crecimiento demográfico baja significa 14 millones más de habitantes por año. La tasa de crecimiento demográfico de la India, que es de alrededor de 1,9% por año, considerablemente más alta que la de China, significa que anualmente se añaden unos 28 millones de habitantes a la población actual de la India de 1.400 millones (Banco Mundial, 2022). En las dos regiones del mundo que ya enfrentan la escasez de agua absoluta o estacional más seria, África y el Cercano Oriente, las tasas de crecimiento de la población siguen estando entre las más altas del mundo. En el África subsahariana la población está creciendo, término medio, a razón de 2,6% por año; en el Cercano Oriente y África del Norte, a razón de 2,2%. Estas tasas de crecimiento demográfico tienen consecuencias nefastas para el suministro de agua per cápita en los países de esas regiones.

A medida que crece la población, aumenta el número de países que confrontan condiciones de escasez de agua. Se dice que un país experimenta **tensión hídrica** cuando el suministro anual de agua desciende a menos de 1.700 metros cúbicos por persona. Cuando desciende a niveles de 1.700 a 1.000 metros cúbicos por persona, pueden preverse situaciones de **escasez periódica o limitada de agua.** Cuando los suministros anuales de agua bajan a menos de 1.000 metros cúbicos por persona, el país enfrenta **escasez de agua**. Una vez que un país experimenta escasez de agua, puede esperar una escasez crónica que amenace la producción de alimentos, obstaculice el desarrollo económico y dañe los ecosistemas. Hay una necesidad mínima de 100 litros por día por persona para uso doméstico, y de 5 a 20 veces más para usos agrícolas e industriales (Banco Mundial y OMS – 2022) y esto es válido para efectuar proyecciones de la disponibilidad de agua per cápita y para pronosticar situaciones de escasez de agua en 2025 y 2050. Los cálculos sobre tensión hídrica y escasez de agua se basan en estimaciones de los suministros renovables de agua dulce de un país y no incluyen el agua extraída de acuíferos subterráneos fósiles. Las aguas subterráneas fósiles son esencialmente un recurso no renovable puesto que estos profundos acuíferos necesitan decenas de miles de años para reponerse. Un país puede evitar por un tiempo los efectos de la tensión hídrica extrayendo agua no renovable, pero esta práctica no es sostenible, especialmente si la población continúa creciendo rápidamente y aumenta la demanda de agua per cápita.

En 1995, 31 países con una población conjunta de más de 460 millones, enfrentaron tensión hídrica o escasez de agua. Esto representa una adición de solo tres países desde 1990, cuando 28 países con una población de 340 millones en total experimentaron tensión hídrica o escasez de agua. Pero el número de habitantes que, según se estima, viven en países con tensión hídrico y escasez de agua experimentó un aumento de casi 130 millones durante estos cinco años, lo que pone de manifiesto el aumento de la población en países con escasez de agua. Estas cifras, que ya son indicio de un serio problema, están prontas a hacer explosión. En 2025 más de 2.800 millones de personas vivirán en 48 países que encaran tensiones hídricas o escasez de agua, según proyecciones de PAI basadas en las proyecciones medias de población recientemente revisadas de las Naciones Unidas De estos 48 países, 40 están en el Cercano Oriente y Norte de África o en el África subsahariana. Las proyecciones indican que en los próximos dos decenios, el solo aumento de la población, para no mencionar la creciente demanda per cápita, llevará a que todo el Cercano Oriente experimente escasez de agua. Hacia el 2050 el número de países con tensión hídrica o escasez de agua ascenderá a 54, y la población conjunta a 4.000 millones de habitantes, 40% de la población mundial proyectada de cerca de 10.000 millones.

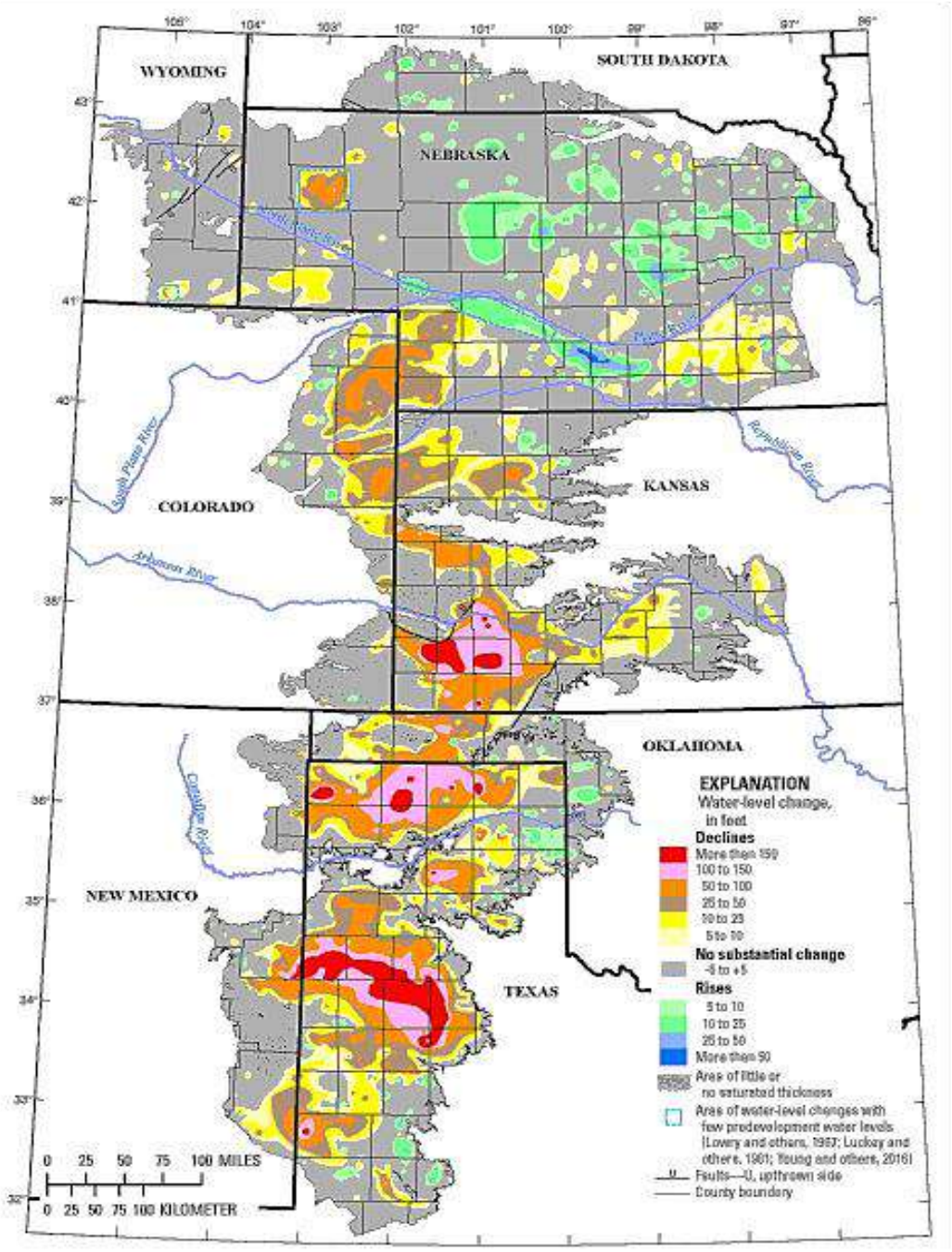
CERCANO ORIENTE Y NORTE DE ÁFRICA

Los 20 países del Cercano Oriente y Norte de África enfrentan las peores perspectivas. El Cercano Oriente es la región del mundo más escasa de agua. En efecto, todo el Cercano Oriente "se quedó sin agua" en 1972, cuando la población total de la región era de 122 millones, de acuerdo a Tony Allan, experto en recursos hídricos de la Universidad de Londres. Desde entonces la región ha estado extrayendo de los ríos y acuíferos más agua de la que se repone. Actualmente, por ejemplo, Jordania y el Yemen extraen anualmente de los acuíferos subterráneos un 30% más de agua de la que se repone. También en Israel el uso anual de agua ya supera en un 15% el suministro renovable. Arabia Saudita presenta uno de los peores casos del mundo de uso de agua insostenible. Este país extremadamente árido debe ahora explotar los acuíferos fósiles subterráneos para satisfacer las tres cuartas partes de sus necesidades de agua.

Los acuíferos fósiles de Arabia Saudita han estado perdiendo, término medio, 5.200 millones de metros cúbicos de agua por año. El agua es una de las principales cuestiones políticas que confrontan los líderes del Cercano Oriente. Puesto que varias naciones comparten prácticamente todos los ríos del Cercano Oriente, las tensiones actuales por los derechos al agua podrían escalar y convertirse en francos conflictos, impulsados por el crecimiento de la población y la creciente demanda de un recurso cada vez más escaso. Cuatro países del golfo Pérsico: Bahréin, Kuwait, Arabia Saudita y los Emiratos Árabes Unidos, tienen tan poca agua dulce disponible que recurren a la desalación, la costosa conversión del agua de mar en agua dulce. Sin desalación, los estados del golfo Pérsico no podrían sostener una población ni siquiera aproximada a la que tienen ahora. La población de Bahréin depende por completo de la desalación del agua de mar del golfo. Este país no tiene prácticamente nada de agua dulce. La desalación, por otra parte, es demasiado cara y no es práctica para la mayoría de los países con escasez de agua, por no mencionar los países sin litoral, sea ahora o en el futuro previsible.

Gran parte de África al sur del Sahara encara serias limitaciones hídricas. Casi 200 millones de personas viven en los países africanos con tensión hídrica. Si bien sólo 6 millones viven en países con escasez de agua, el rápido crecimiento de la población empeorará el problema. En 2025, vivirán en países africanos con escasez de agua unos 230 millones de personas. Otros 460 millones estarán en países africanos con tensión hídrica. Se consideraría que áreas de muchos grandes países como la India, China y los Estados Unidos enfrentarían tensiones hídricas o escasez de agua si los cálculos fueran regionales y no nacionales. Diecinueve importantes ciudades de la India ya se hallan frente a situaciones de escasez crónica de agua. Se prevé que el país todo pasará en 2025 a la categoría de país con tensión hídrica. Por su parte, China, con 22% de la población mundial, pero con sólo 7% del total de la escorrentía de agua dulce, quedará en 2025 apenas fuera de la categoría de tensión hídrica determinada por el límite de 1.700 metros cúbicos per cápita. Se ha estimado que los suministros de agua dulce de China son capaces de sostener 700 millones de habitantes de manera sustentable, sólo la mitad de la población actual del país de 1.400 millones.

Pese a las inundaciones periódicas del sur, a lo largo del río Yangtsé, China encara situaciones de escasez crónica de agua dulce en la parte norte del país, que solo en la cuenca del río Hai afecta a 92 millones de personas. Numerosas ciudades, inclusive Beijing, enfrentan situaciones críticas de escasez de agua. En Beijing la capa freática ha estado descendiendo a razón de aproximadamente dos metros por año, y la tercera parte de los pozos se han secado.
Aun en los Estados Unidos que, como nación, tiene agua en abundancia, las reservas de agua subterránea se están agotando en muchas zonas. En general, el agua freática se usa a un ritmo 25% más rápido que el de recuperación. En la parte oeste del país, los acuíferos subterráneos se están reduciendo a un ritmo aún más rápido en algunas zonas. El enorme **acuífero Ogallala**, especialmente, que se extiende debajo de partes de seis estados y riega 6 millones de hectáreas, se ha sobreexplotado. En algunas regiones se ha extraído la mitad del agua allí existente. En los países desarrollados y en desarrollo por igual está aumentando la competencia entre los usuarios de agua. Como podría esperarse, las tensiones son especialmente grandes en zonas escasas de agua en las que las presiones de la población, la urbanización y las necesidades del desarrollo se combinan para crear una intensa demanda de recursos limitados de agua dulce.

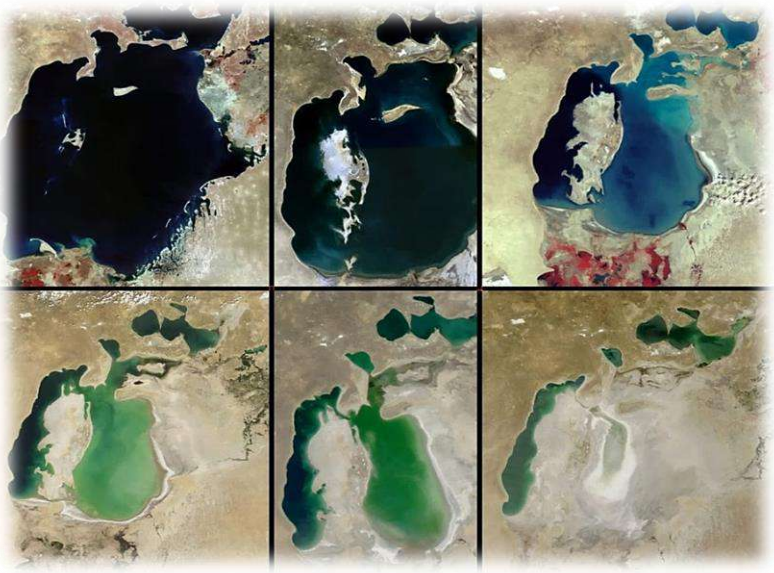


Varios países desarrollados con escasez de agua enfrentan actualmente tensiones por esa causa, inclusive Bélgica, el Reino Unido, Polonia, Singapur y los Estados Unidos. En el sur de Gran Bretaña, por ejemplo, la demanda urbana de agua está aumentando tan rápidamente que supera la capacidad de suministro de los ríos y acuíferos durante los meses más secos del verano. En el oeste de Estados Unidos, los agricultores que quieren más agua para el riego de sus cultivos se contraponen a las zonas urbanas rápidamente crecientes que demandan más agua para uso doméstico y otros servicios municipales. En la India hay disputas entre los estados por el derecho al uso del agua y por los embalses que podrían suministrar más agua a un estado a costa de otro. China ya está practicando lo que algunos hidrólogos llaman "el juego de suma cero de la gestión del agua".

El juego de suma cero, es cuando las autoridades le quitan agua a un usuario para dársela a otro, tiene lugar entre las zonas en competencia del país y entre los tipos de uso en competencia, como cuando las ciudades compiten con los agricultores. El río Amarillo, en China, es un caso clásico del juego de suma cero. El río está tan sobreexplotado que en el último decenio todos los años quedó seco durante 70 días, término medio, antes de desembocar en el mar Bohai. Asimismo, para satisfacer las necesidades urbanas, el gobierno de China está proyectando construir un enorme acueducto que transportará agua del embalse de Danjiangkou, en la provincia de Henan, a Beijing, a través de 1.300 kilómetros de tierras dedicadas a la intensa explotación agrícola, tierras que también necesitan agua para la producción de alimentos. Si China desvía demasiada agua de las tierras dedicadas a la agricultura, la producción de granos probablemente ha de sufrir las consecuencias y China se verá obligada a importar más granos. Pero otros países productores de granos tienen pocas probabilidades de incrementar las exportaciones. En Estados Unidos y Europa, por ejemplo, los incrementos de la productividad agrícola apenas se mantienen al mismo ritmo que los incrementos de la población. Australia y Canadá dependen de la agricultura de secano y están limitados por las escasas lluvias. De modo que la **"escasez de agua de China pronto podría convertirse en escasez mundial de granos"** y la demanda en aumento de granos en China podría provocar el alza de los precios en el mercado mundial y ponerlos fuera del alcance de algunos países pobres.

CONFLICTOS REGIONALES

En casi todos los países donde escasea el agua, la amenaza de conflictos regionales por este limitado recurso está surgiendo como un serio problema. En África, por ejemplo, unos 50 ríos sirven, cada uno de ellos, a dos o más países que lo comparten. En particular, el acceso al agua de las cuencas del Nilo, el Zambeze, el Níger y el Volta es una posible fuente de conflictos. En Asia Central, la cuenca del mar de Aral es fuente de numerosos conflictos internacionales por el agua. Turkmenistán, Uzbekistán, Kazajstán, Kirguizistán y Tayikistán dependen para su supervivencia de las aguas de los ríos Amu Darya y Syr Darya. El curso de ambos ríos se ha desviado casi totalmente para alimentar cultivos de regadío intenso, como algodón y arroz. Generalmente solo llega un hilo de agua al mar de Aral.



A medida que aumenta la demanda de estas aguas, crece el desacuerdo de los países respecto a su división, y las cinco repúblicas del Asia Central demandan una mayor parte. Las disputas están aumentando entre los quirguices y los uzbecos por el agua y las tierras del fértil valle de Ferganá; entre los quirguices y los tayiks por la asignación del agua para el riego del Syr Darya; y entre los turkmenistanos y los uzbecos por la distribución del agua de riego del Amu Darya. En los Estados Unidos, el río Colorado, que corre a través de la parte sudoeste del país, ha alimentado la agricultura de regadío y ha permitido el crecimiento explosivo de las ciudades del desierto. Pero ahora la demanda de agua del río para el riego y el uso urbano se ha vuelto tan grande que el río ya no llega a su desembocadura en el golfo de California en México. Sus aguas terminan en un chorro delgado en algún lugar del desierto al sur de la frontera entre México y Estados Unidos. La prematura desaparición del río ha sido causa de altercados entre estos dos países.

USO EXCESIVO Y CONTAMINACIÓN

El uso excesivo y la contaminación de los recursos de agua dulce del mundo son fenómenos de reciente data. Se desconocen las consecuencias a largo plazo, pero ya han infligido grave daño al medio ambiente y presentan riesgos crecientes a numerosas especies. El agua contaminada y la falta de saneamiento también están incubando una tragedia sanitaria humana. Además, el triste estado de los recursos de agua dulce contribuye a deteriorar las aguas adyacentes a la costa y los mares. Se estima que en 1996 la población humana del mundo estaba usando 54% del agua dulce accesible contenida en los ríos, lagos y acuíferos subterráneos.

Según proyecciones conservadoras, este porcentaje ascenderá por lo menos a 70% en 2025, si se tiene en cuenta sólo el crecimiento de la población, y mucho más si el consumo per cápita continúa aumentando al ritmo actual. A medida que la humanidad extrae una proporción creciente de la totalidad del agua, va quedando menos para mantener los ecosistemas vitales de los que también dependemos. Se necesita una porción considerable del total de agua dulce disponible en el ciclo hidrológico para sostener los ecosistemas acuáticos naturales, ciénagas, ríos, zonas pantanosas costeras y los millones de especies que albergan. Los ecosistemas naturales sanos son reguladores indispensables de la calidad y la cantidad del agua. Por ejemplo, las llanuras aluviales absorben y almacenan agua cuando los ríos anegan las orillas, reduciendo el daño aguas abajo. En prácticamente todas las regiones del mundo, el uso descuidado de los recursos hídricos está dañando el medio ambiente natural. Globalmente, más de 20% de todas las especies de peces de agua dulce corren peligro o son vulnerables, o se han extinguido recientemente. Como lo demuestran los ejemplos siguientes, la utilización excesiva o errónea de los recursos de agua dulce acarrea serias consecuencias para las especies naturales y para las poblaciones humanas:

- La desviación de las aguas del río Nilo, junto con la acumulación de sedimentos atrapados detrás de los diques y presas, ha causado la contracción del fértil delta del Nilo. De 47 especies comerciales de peces, unas 30 se han extinguido o están prácticamente extintas. Las pesquerías del delta que en un tiempo mantenían a más de un millón de personas han sido aniquiladas.
- El lago Chad, en la región del Sahel, en África, que abarcaba 25.000 kilómetros cuadrados, ha quedado reducido a sólo 2.000 kilómetros cuadrados en los tres decenios últimos a causa de las sequías periódicas y las desviaciones en gran escala del agua para el riego. Las ricas pesquerías del lago de una época se han venido completamente abajo.
- Pese a los trabajos de limpieza, el río Rin, que corre a través de la región industrial de Europa Occidental, está tan contaminado que ha perdido 8 de sus 44 especies de peces. Otras 25 especies son ahora raras o están en peligro de extinción.
- En Colombia, la producción pesquera del río Magdalena bajó de 72.000 toneladas métricas en 1977 a 23.000 toneladas métricas en 1992 —una baja de dos tercios en 15 años— como resultado del desarrollo agrícola, urbano e industrial y de la deforestación en la cuenca del río.
- En el Sudeste de Asia, las pesquerías del río Mekong experimentaron una baja de dos tercios de la producción a causa de los embalses, la deforestación y la conversión de 1.000 kilómetros cuadrados de manglares en arrozales y estanques piscícolas.
- El estado de California, en los Estados Unidos, ha perdido más del 90% de las zonas pantanosas. Como resultado, casi dos tercios de los peces nativos de ese estado se han extinguido, o están en peligro o amenazados de extinción, o en declinación.

En muchos países la demanda siempre creciente de productos forestales y tierras agrícolas, estimulada por el rápido crecimiento de la población y el desarrollo está haciendo peligrar cada vez más los recursos ambientales y el suministro de agua mismo. Los bosques son importantes reguladores del agua. La estructura de las raíces actúa como esponjas de la naturaleza, absorbiendo el agua y liberándola lentamente a lo largo del año, contribuyendo así al mantenimiento del caudal de los ríos, la reposición del suministro de agua subterránea, la reducción de la erosión del suelo y la liberación de la humedad en la atmósfera.

Si se sacan los bosques y las tierras agrícolas sufren erosión, la sedimentación obstruye el cauce de los ríos, las inundaciones se vuelven más frecuentes, las reservas de agua subterránea desaparecen y el clima cambia. La contaminación está muy generalizada. Pocos países, sea en desarrollo o industrializados, han protegido adecuadamente la calidad del agua y han controlado su contaminación. Muchos países carecen de normas para controlar el agua de manera adecuada, mientras que otros no pueden hacer cumplir las normas de calidad del agua. Cada vez más, las organizaciones para el desarrollo internacional piden que los países en desarrollo dediquen más atención a la protección y el mejoramiento de la calidad del agua. El mundo desarrollado también debe gastar y esforzarse más para limpiar las corrientes de agua degradadas, o el desarrollo económico se detendrá y la calidad de la vida decaerá.

La agricultura es el sector que más contaminación produce, más aún que las industrias y las municipalidades. En prácticamente todos los países en los que se aplican fertilizantes agrícolas y plaguicidas, se han contaminado acuíferos subterráneos y el agua de superficie. Los desechos animales son otra fuente de contaminación persistente en algunas zonas. El agua que vuelve a los ríos y arroyos después de haberse utilizado para el riego está a menudo seriamente degradada por el exceso de nutrientes, salinidad, agentes patógenos y sedimentos que suelen dejarla inservible para cualquier otro uso posterior, a menos de tratarla, habitualmente a gran costo., en instalaciones depuradoras de agua.

En Estados Unidos, los productos químicos usados en la agricultura, los sedimentos de la erosión y los desechos animales han ensuciado más de 278.000 kilómetros de vías fluviales. Se dice que la agricultura es responsable de 70% de la actual contaminación del agua en los Estados Unidos. En la India, que depende de la agricultura de regadío para abastecerse de alimentos, más de 4 millones de hectáreas de tierra de alta calidad han quedado abandonadas a raíz de la salinización y el anegamiento causados por el riego excesivo.

La tremenda producción de contaminantes del mundo pone a prueba la capacidad de las corrientes de agua para asimilar o librarse de la contaminación. Los ingenieros hidráulicos tienen un dicho: "la solución de la contaminación es la dilución". Este axioma está asumiendo dimensiones alarmantes. Todos los años se arrojan a los ríos, arroyos y lagos aproximadamente 450 kilómetros cúbicos de aguas servidas. Para diluir y transportar esta agua sucia antes de volverla a usar se necesitan otros 6.000 kilómetros cúbicos de agua limpia, un volumen igual a unas dos terceras partes del total anual de la escorrentía de agua dulce utilizable del mundo. De continuar las tendencias actuales, a mediados del próximo siglo se necesitaría todo el caudal fluvial estable del mundo sólo para el transporte y dilución de los contaminantes, según estima la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Europa y Norteamérica confrontan enormes problemas de contaminación del agua. Más de 90% de los ríos de Europa tienen altas concentraciones de nitrato, sobre todo de productos químicos utilizados en la agricultura, y 5% de ellos tienen concentraciones por lo menos 200 veces mayores que los niveles naturales de nitrato comunes de los ríos no contaminados. En Polonia, tres cuartas partes del agua de los ríos del país están demasiado contaminadas aun para uso industrial.

Más de la mitad de los lagos de Europa son eutróficos a causa de la sobrecarga de nutrientes agrícolas y municipales. La eutrofización es un proceso que ocurre cuando un exceso de nutrientes estimula el crecimiento de algas, las que, cuando se mueren y descomponen, quitan oxígeno al agua. En Europa la eutrofización se ha convertido en uno de los problemas más serios que afectan el agua dulce y los ambientes marinos cercanos a la costa.

La contaminación del agua subterránea en Europa está empeorando. Dentro de 50 años es probable que los acuíferos subterráneos de Europa occidental y central estén contaminados con plaguicidas y fertilizantes. En 2021, de los 1.600 campos de pozos perforados para extraer agua subterránea en Hungría, 600 ya están contaminados, principalmente con productos químicos utilizados en la agricultura. En la República Checa, 70% de las aguas de superficie están sumamente contaminadas, sobre todo con desechos municipales e industriales. Un 30% de los ríos del país están tan sucios con contaminantes que no hay pez que sobreviva. En Estados Unidos, 40% de las aguas de superficie no son aptas para bañarse ni para pescar, y 48% de los lagos son eutróficos. La contaminación es un problema inquietante en los países donde la población está creciendo rápidamente, las demandas del desarrollo son grandes y los gobiernos tienen otras prioridades para las inversiones. En los países en desarrollo, 90% a 95%, término medio, de las aguas negras domésticas y 75% de los desechos industriales se descargan en aguas de superficie sin ningún tratamiento de ninguna clase.

Considérense estos ejemplos:

- Los 14 ríos principales de la India están muy contaminados. Estos ríos transportan, juntos, 50 millones de metros cúbicos de aguas negras sin tratar por año a las aguas adyacentes a la costa de la India. Todos los días la ciudad de Nueva Delhi arroja 200 millones de litros de aguas negras sin tratar y 20 millones de litros de desechos industriales al río Yamuna, cuando este pasa a través de la ciudad, camino del Ganges.

- En Tailandia y Malasia el agua está tan contaminada que los ríos suelen contener 30 a 100 veces más agentes patógenos, metales pesados y sustancias tóxicas de la industria y la agricultura que lo permitido por las normas de salud del gobierno.
- Más de tres cuartas partes de 50.000 kilómetros de importantes ríos de China están tan llenos de contaminantes y sedimentos que ya los peces no pueden vivir en ellos. En 1992 las industrias de China descargaron 36.000 millones de toneladas métricas de efluentes no tratados o parcialmente tratados en ríos, arroyos y aguas adyacentes a la costa. En secciones del río Liao, que corre a través de una parte sumamente industrializada del norte de China, se murieron en 1986 casi todos los organismos acuáticos dentro de un radio de 100 kilómetros cuando, en un período de tres meses, se arrojaron al río 1.000 millones de toneladas de desechos industriales.
- En el Gran Sao Paulo, Brasil, todos los días se arrojan al río Tieté, 300 toneladas métricas de efluentes no tratados de 1.200 industrias al pasar el río por la ciudad. Como resultado, el río contiene altas concentraciones de plomo, cadmio y otros metales pesados. La ciudad también descarga en el río unas 1.000 toneladas métricas de aguas negras por día, de las cuales sólo 12% se someten a algún tratamiento.
- Karachi, la mayor ciudad de Pakistán, ha abrumado por completo la capacidad de sus anticuadas instalaciones de depuración de aguas servidas. A raíz de las frecuentes averías y atascamientos de las cañerías, estas instalaciones a menudo operan a 15% de su capacidad como máximo. La mayor parte de todas las aguas servidas se filtran en el suelo circundante, contaminando los pozos de dónde sacan agua para beber los residentes de la ciudad.

Aunque la agricultura sigue siendo la fuente más grande de contaminación del agua, los desechos de las industrias y municipalidades han aumentado enormemente en los últimos decenios. Se estima que entre 200 y 400 productos químicos importantes contaminan los ríos del mundo. Los contaminantes industriales, como los desechos de las fábricas de productos químicos, suelen arrojarse directamente a las vías fluviales. El agua arrastra también sales y aceites de las calles de las ciudades. En los vertederos industriales y municipales se produce la lixiviación de metales pesados y cloros orgánicos. Además, contaminantes como el dióxido sulfuroso y los óxidos de nitrógeno, que se combinan en la atmósfera para formar lluvia ácida, han tenido amplios efectos en los ecosistemas de agua dulce y terrestres. La lluvia ácida hace bajar el pH de los ríos y corrientes de agua. A menos que el calcio (contenido en la piedra caliza) las amortigüe, las aguas acidificadas matan a muchos peces sensibles a la acidez, inclusive el salmón y la trucha. En el suelo, los ácidos pueden liberar metales pesados, como plomo, mercurio y cadmio, que luego se cuelan en las vías de agua.

Algunos de los peores contaminantes son las sustancias químicas sintéticas. En el mundo se usan comúnmente unas 70.000 sustancias químicas diferentes. Se estima que todos los años se introducen 1.000 compuestos nuevos. Muchos de ellos llegan a los ríos, lagos y acuíferos subterráneos. En los Estados Unidos solamente, se han detectado más de 700 sustancias químicas en el agua para beber, 129 de las cuales se consideran sumamente tóxicas. Varias sustancias químicas sintéticas, especialmente el grupo conocido como contaminantes orgánicos persistentes (COP), entre los que están incluidos hidrocarburos halogenados, dioxinas y cloros orgánicos como el DDT y los PCB (difenilos policlorinados).

AGUA Y SALUD

Las enfermedades relacionadas con el agua son una tragedia humana que todos los años causan la muerte de millones de personas, impiden que millones más gocen de una vida saludable y menoscaban los esfuerzos en favor del desarrollo. En todo el mundo unos 2.300 millones de personas padecen enfermedades vinculadas con el agua. Un 60% de la mortalidad de niños menores de un año está relacionada con enfermedades infecciosas y parasitarias, en su mayor parte vinculadas con el agua. En algunos países las enfermedades relacionadas con el agua constituyen una alta proporción de la totalidad de enfermedades entre los adultos y los niños. En Bangladesh, por ejemplo, se estima que las tres cuartas partes de todas las enfermedades están relacionadas con el agua impura y servicios de saneamiento inadecuados. En Pakistán, la cuarta parte de las personas que concurren a los hospitales tienen enfermedades relacionadas con el agua. La provisión de agua pura y de saneamiento adecuado salvaría millones de vidas al reducir la prevalencia de enfermedades relacionadas con el agua.

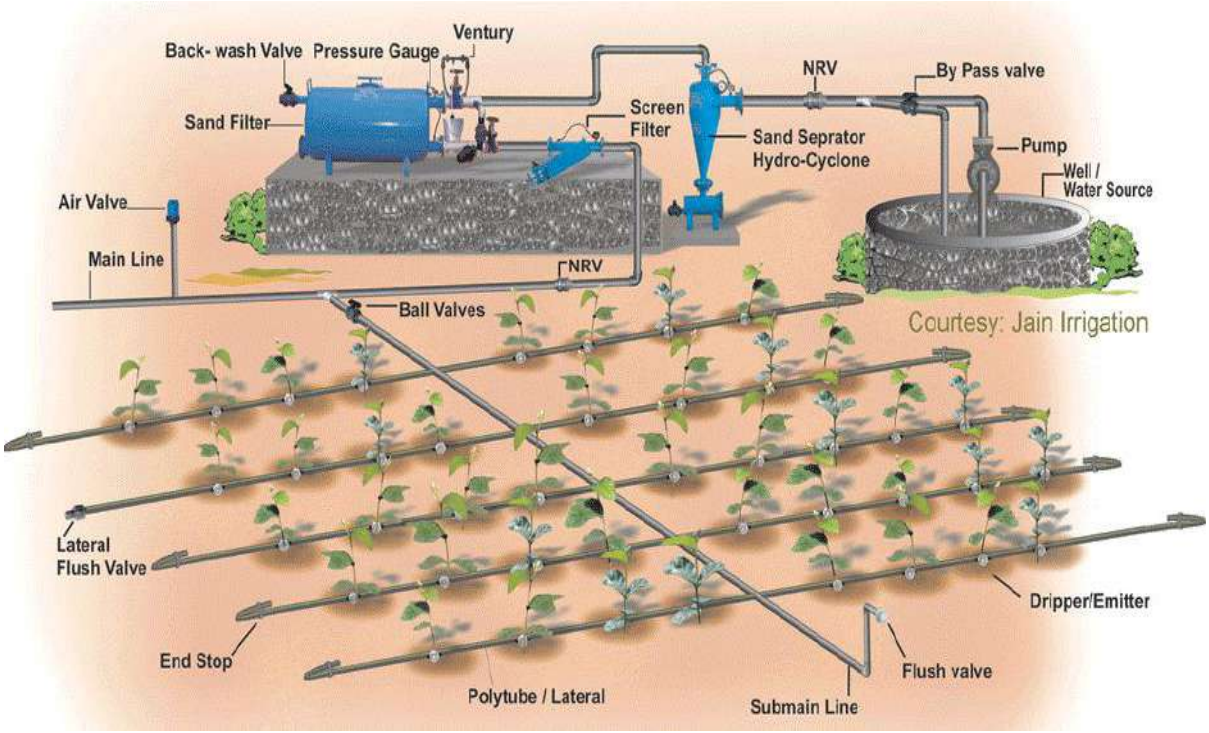
De allí que los países en desarrollo y las organizaciones de asistencia deberán dar alto grado de prioridad a la búsqueda de soluciones para estos problemas. Si bien las enfermedades relacionadas con el agua varían considerablemente en cuanto a su naturaleza, transmisión, efectos y tratamiento, los efectos adversos para la salud relacionados con el agua pueden organizarse en tres categorías: enfermedades transmitidas por el agua, incluidas las causadas por organismos fecales-orales y las causadas por sustancias tóxicas; las enfermedades con base en el agua y las enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua. Puesto que la agricultura utiliza casi el 70% del agua extraída en todo el mundo de ríos, lagos y acuíferos subterráneos para uso humano, el incremento de la eficiencia de la agricultura de regadío es lo que mayores posibilidades ofrece para la conservación del agua. Por ejemplo, si se aumentara en sólo 10% la eficiencia del riego en la llanura del Indo, en Pakistán, se estima que podrían regarse 2 millones más de hectáreas de tierras de labranza.

En su mayoría, los sistemas de riego desperdician agua. Por lo común, sólo entre 15% y 50% del agua extraída para la agricultura de regadío llega a la zona de cultivos. La mayor parte se pierde por absorción en las acequias no revestidas, por las fugas de las cañerías, o por evaporación antes de llegar a los campos de cultivo. Si bien parte del agua "perdida" en los sistemas de riego ineficientes retorna a las corrientes de agua o acuíferos, de donde puede volver a extraerse, su calidad se ha degradado por obra de los plaguicidas, fertilizantes y sales que se escurren por el suelo. Los sistemas de riego deficientemente planeados y construidos han limitado el rendimiento de la mitad de todas las tierras de regadío. Paradójicamente, aun cuando llegue en cantidad suficiente a las tierras agrícolas, el agua de riego puede estropear gran parte de las tierras a menos que se drene de manera apropiada. Especialmente en muchas zonas áridas, las sales que existen naturalmente en el suelo deben drenarse con el riego por escorrentía. Si se dejan acumular en el suelo, llegarán finalmente a la superficie, envenenando la tierra. Además, el agua de riego deficientemente drenada puede elevar la capa freática hasta llegar a la altura de la raíz, anegando y ahogando los cultivos. A escala mundial, unos 80 millones de hectáreas de tierras agrícolas se han degradado por una combinación de salinización y anegamiento.

Prescindiendo del uso que se le dé al agua, sea para la agricultura, la industria o los servicios municipales, hay grandes posibilidades de mejorar su conservación y aprovechamiento. El agua se desperdicia en casi todas partes. Hasta que realmente escasea, casi todos los países y casi todas las personas consideran natural tener acceso al agua dulce. O sea que debemos regular mejor la demanda de agua en lugar de continuar concentrándonos en una gestión orientada hacia el suministro. En lo que respecta a la demanda, una variedad de medidas económicas, administrativas y comunitarias pueden ayudar a conservar agua inmediatamente. A la larga, la desaceleración del crecimiento de la población contribuirá a contener el incremento de la demanda de agua y ayudará a ganar más tiempo para elaborar mejores estrategias de conservación y aprovechamiento del agua.

Varios países están empeñados en mejorar la eficiencia del riego, ahorrando así agua y protegiendo la tierra. El riego por goteo es una de las técnicas, consistente en una red de tubos porosos o perforados, instalados generalmente en la superficie o bajo tierra, que llevan el agua directamente a las zonas de las raíces de los cultivos.

Mediante esta técnica se mantienen bajas las pérdidas por evaporación, con una tasa de eficiencia del 95%. Se estima que en los sistemas de riego por goteo el uso del agua se reduce de un 40% a 60%, en comparación con los sistemas de riego por gravedad.



En los años setenta los sistemas de riego por goteo se aplicaron mundialmente sólo en 56.000 hectáreas, sobre todo para suministrar agua a las hortalizas y frutales en Australia, Israel, México, Nueva Zelandia, Sudáfrica y los Estados Unidos. En 1991 esa cifra se había elevado a 1,6 millón de hectáreas. Aunque esta área constituye menos del 1% de todas las tierras de regadío del mundo, el riego por goteo se utiliza extensamente en algunos países. Israel, por ejemplo, se vale del riego por goteo en 50% de toda el área de regadío.

Varios países canalizan las aguas servidas urbanas tratadas de los pueblos y ciudades hacia las fincas cercanas donde se cultivan hortalizas y frutales. Actualmente, por lo menos medio millón de hectáreas de 15 países se riegan con aguas servidas urbanas tratadas, generalmente denominadas "aguas pardas". Israel tiene el programa de aguas pardas más ambicioso de todos los países. Casi todas las aguas servidas de Israel se depuran y vuelven a utilizarse para regar 20.000 hectáreas de tierras de labranza. Algunos países en desarrollo también emplean esta técnica:

- En la ciudad de México las aguas servidas urbanas tratadas riegan y fertilizan campos de alfalfa. La alfalfa, a su vez, se vende como forraje a agricultores de pequeña escala que crían cobayos y conejos.
- Un tercio de las verduras cultivadas en Asmara, Eritrea, se riega con aguas servidas urbanas tratadas.
- En Lusaka, Zambia, los ocupantes ilegales de una de las barriadas más grandes riegan las hortalizas con aguas servidas de los estanques clarificadores cercanos.

En algunos lugares se aplica el mismo concepto de manera diferente. Por ejemplo, en Calcuta, India, gran parte de las aguas servidas sin tratar se canalizan a un sistema de lagunas naturales donde se crían peces. Las 3.000 hectáreas de lagunas de la ciudad producen unas 6.000 toneladas métricas de pescado por año para los consumidores urbanos. El pescado no presenta riesgos para la salud pues las lagunas absorben y limpian las aguas servidas. Pero a menos que las aguas servidas reciban algún tratamiento previo, sea de los pantanos naturales o de las plantas de tratamiento, pueden transmitir organismos patógenos a las verduras y frutas y poner en peligro la salud humana.

Esas técnicas de tratamiento natural del agua, como la que hace uso de los pantanos, pueden ser a menudo una posibilidad en lugar de los sistemas modernos de tratamiento del agua que son demasiado costosos para las zonas urbanas pobres de los países en desarrollo. El reciclaje de desechos con fines agrícolas mediante el uso de lagunas de oxidación y lagunas aireadas no requiere tanta tierra como suele suponerse. La industria hace uso intensivo del agua. Así, por ejemplo, para fabricar una tonelada de acero pueden consumirse hasta 300 toneladas de agua. En los países desarrollados las industrias usan entre la mitad y las tres cuartas partes de toda el agua extraída, en comparación con el promedio mundial de aproximadamente la cuarta parte. Empujadas por los reglamentos más rígidos y la necesidad de recortar los costos, las industrias con uso intensivo de agua como las de productos químicos, hierro y acero, y pulpa y papel han dado grandes pasos para reducir la cantidad de agua necesaria para la producción. En algunos países estas industrias están recuperando y reciclando el agua en los actuales procesos de producción, y también rediseñando estos procesos para que requieran menos agua por unidad de producción.

Considérense los siguientes ejemplos:

- En los Estados Unidos, el uso de agua industrial disminuyó más de un tercio entre 1950 y 1990, mientras que la producción industrial casi se cuadruplicó.
- En la ex Alemania Occidental la cantidad total de agua utilizada en la industria hoy día es la misma que en 1975, mientras que la producción industrial ha aumentado casi un 45%.

- En Suecia las estrictas medidas de control de la contaminación han logrado reducir a la mitad el uso del agua en la industria de la pulpa y el papel, mientras que la producción se ha duplicado en poco más de un decenio.

Para conservar agua destinada al uso personal en las ciudades (inclusive la de uso doméstico y municipal) se requiere regular tanto el suministro como la demanda de agua. Gran parte del agua suministrada por las municipalidades se pierde antes de llegar a los consumidores, por fugas en las cañerías principales, tuberías y grifos, o por extraérsela de grifos ilegales. Además, cuando los consumidores tienen acceso conveniente al agua corriente, usan mucho más de lo que realmente necesitan. En los Estados Unidos, por ejemplo, se usan para fines personales 600 litros por día, término medio, en comparación con 50 litros por día en la India.

El suministro municipal de agua enfrenta problemas en casi todas partes. En una encuesta realizada en 1986 de 15 ciudades latinoamericanas se encontró que los sistemas municipales perdían entre 40% y 70% del agua. En la India más del 40% de toda el agua suministrada por las municipalidades se pierde en tránsito, antes de que pueda llegar a los consumidores. Aun en Malta, uno de los países con mayor tensión hídrico, 30% del agua destinada a los consumidores se pierde por fugas del sistema. Los sistemas de abastecimiento municipal no tienen por qué perder tanta agua. Por ejemplo, Ginebra, en Suiza, pierde sólo 13% del agua en el camino de la fuente al consumidor. Si en la mayoría de las ciudades se ajustaran las juntas de las cañerías y se arreglaran las fuentes de agua pública y las conexiones domiciliarias que pierden, se recuperaría más de un tercio del agua que actualmente se desperdicia. Según se estima, Yakarta, Indonesia, por ejemplo, podría reducir las pérdidas de agua en un 20% si se repararan los caños de distribución que pierden, recuperándose así casi 45.400 millones de litros de agua por año, lo suficiente para abastecer de agua corriente a
800.00 habitantes más.

Muchas ciudades podrían regular mejor el suministro de agua si pudieran eliminar los grifos ilegales. En las Filipinas, por ejemplo, el Consejo Regulador del Agua ha estimado que hay unas 20.000 conexiones ilegales en el sistema de abastecimiento de agua de Manila, tanto domésticas como comerciales, que extraen más de 200.000 metros cúbicos de agua por día. En virtud de los términos de la Ley sobre la Crisis del Agua de 1995, cualquiera que se encuentre robando agua puede recibir una multa o ir a la cárcel. El agua dulce es el líquido que lubrica el desarrollo. Es un insumo económico como la infraestructura, la energía y la pericia humana. Sin una mejor gestión de los escasos suministros de agua, el desarrollo sostenible es imposible. Cuatro deficiencias políticas, en general, ponen de relieve la incapacidad del mundo para regular los suministros de agua dulce para el desarrollo sostenible, según el programa para el Desarrollo Ecológicamente Sostenible, del Banco Mundial (2022):

1. La regulación del agua se halla fragmentada entre sectores e instituciones. Hay demasiadas dependencias con las manos en el grifo del agua y prácticamente ninguna coordinación de políticas entre los sectores de la economía. Las cuestiones concernientes a la calidad del agua y la salud generalmente no se abordan en absoluto porque no cuadran dentro del mandato de una única dependencia del gobierno.

2. Los gobiernos dependen demasiado de la administración centralizada para crear, operar y mantener sistemas de regulación del agua. Las dependencias encargadas de gestionar los suministros de agua a menudo ya están sobrecargadas de trabajo y carecen de competencia técnica. Al mismo tiempo hay poca intervención de los custodios y poca participación de la comunidad en el establecimiento de políticas referentes al agua y la regulación del uso, de modo que los proyectos a menudo no satisfacen las necesidades de la gente.
3. La mayoría de los países subestiman el agua dulce como recurso y no le ponen un precio como valor económico. Muchos de los que más agua usan, como los agricultores, reciben subvenciones del gobierno, y en efecto, se los alienta así a despilfarrar el agua que, de lo contrario, probablemente no desperdiciarían. En su mayoría, los gobiernos encuentran políticamente más aceptable encontrar nuevos suministros de agua que cobrar a los mayores usuarios el costo íntegro del agua.
4. Las políticas de regulación del agua no vinculan la calidad del agua a la salud humana y ambiental. En la mayoría de los casos se considera que el agua es un recurso que se extrae y se usa tan frecuentemente y tanto como se necesite para cualquier fin. Sin una consideración adecuada de la función clave del agua en la salud humana y ambiental, no es de extrañarse que los recursos hídricos se hayan degradado en casi todas partes.

El agua dulce es una necesidad de todos, que proporciona sustento a todas las formas de vida, nutre a los ecosistemas naturales y transporta y diluye los desechos. Sin suministros seguros de agua dulce, el nivel de vida declina, las personas sufren y el desarrollo se torna más difícil. Para un desarrollo sostenible se necesitarán cada vez más políticas inteligentes y estrategias eficaces que no sólo conserven y protejan las fuentes de agua dulce, sino que también la distribuyan equitativamente para satisfacer las necesidades de los consumidores, la industria y la agricultura. Si bien los vínculos entre la población y los recursos de agua dulce son complejos, es indudable que con el crecimiento de la población aumenta la demanda de agua dulce. Si bien los nuevos métodos de regulación del suministro y la demanda de agua pueden ayudar a corto plazo, es necesario reducir el crecimiento de la población para evitar que a la larga se produzca una catástrofe. Hay, por ende, urgente necesidad de retardar el crecimiento de la población y de estabilizar su tamaño lo más pronto posible.

Si bien la escasez de agua afecta a países de todas las regiones del mundo, es especialmente un problema en los países en desarrollo. Casi las tres cuartas partes de la población mundial de 6.000 millones viven en países en desarrollo. Además, cerca de 95% del crecimiento demográfico tiene lugar en el mundo en desarrollo. Con las actuales tasas de fecundidad, la población del África subsahariana, del Cercano Oriente y de partes de Asia meridional llegaría a duplicarse en otros 20 a 40 años. De acuerdo con las tasas de crecimiento proyectadas, se prevé que en el año 2050 la población del mundo ascenderá a 9.400 millones, de los cuales 8.000 millones vivirán en países en desarrollo. Hay necesidad, además, de que los servicios de planificación familiar y de salud reproductiva se extiendan y mejoren para atender a millones más de personas que están llegando al período de reproducción. Puesto que todos los años se agregan 80 millones de habitantes a la población del mundo, las decisiones futuras de estos jóvenes sobre el tamaño de la familia y el uso de recursos tendrán poderosas repercusiones en las condiciones del mundo.

En los últimos 20 años los países han formulado numerosas recomendaciones en conferencias internacionales sobre el agua. Pero en su mayor parte, los organismos de desarrollo internacional y los gobiernos nacionales tienen aún que llevar a la práctica esas recomendaciones. La primera conferencia internacional que advirtió acerca de la crisis venidera del agua tuvo lugar en 1977 —la Conferencia sobre el Agua de las Naciones Unidas celebrada en Mar del Plata, Argentina. A ésta han seguido varias otras, incluida la Reunión de Consulta Mundial sobre el Agua Potable y el Saneamiento para los años noventa, que tuvo lugar en Nueva Delhi en 1990, y la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente, celebrada en Dublín en 1992. En los Principios sobre el Agua de Dublín convenidos en la conferencia de 1992 se resumen los principios de la regulación sostenible del agua:

- **Principio No. 1: El agua dulce es un recurso limitado y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.**
- **Principio No. 2: El desarrollo y la gestión de los recursos hídricos, deberán fundarse en un enfoque participatorio en el que intervengan los usuarios, planificadores y autoridades de todos los niveles.**
- **Principio No. 3: La mujer desempeña un papel central en la provisión, gestión y salvaguardia de los recursos hídricos.**
- **Principio No. 4: El agua tiene un valor económico en todos sus usos y se la reconocerá como bien económico.**

Más recientemente, en 1997, se preparó en base a un análisis de expertos una evaluación integral de los recursos mundiales de agua dulce para la quinta sesión de la Comisión sobre Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Como se declara en un informe del Secretario General, "La evaluación concluye que las condiciones de escasez de agua y de contaminación están causando extensos problemas de salud, limitando el desarrollo económico y agrícola, y causando daño a una amplia variedad de ecosistemas. Esos problemas pueden amenazar los suministros mundiales de alimentos y llevar al estancamiento económico en muchas zonas del mundo. El resultado podría ser una serie de crisis hídricas locales y regionales, con serias consecuencias mundiales".

Será difícil poner en práctica estos principios. En su mayoría, los países necesitan realizar enormes inversiones en infraestructura de saneamiento y distribución del agua. En el mundo desarrollado, por ejemplo, el Reino Unido debe gastar en el próximo decenio cerca de U$S 60.000 millones en la construcción de plantas de tratamiento de aguas servidas a fin de satisfacer los nuevos estándares europeos de calidad del agua. Esto importa unos U$S 1.000 por cada persona del país. Hungría enfrenta problemas parecidos. Un quinto de la población del país no está conectado a un sistema de alcantarillado en funcionamiento.

Hungría necesitará invertir unos U$S 3.500 millones en los próximos dos decenios para conectar a todos sus ciudadanos a las plantas de depuración de aguas servidas. En los países en desarrollo uno de los problemas más apremiantes es la abrumadora necesidad de invertir grandes sumas en instalaciones de saneamiento y la provisión de agua limpia. El Banco Mundial ha estimado que en el próximo decenio se necesitarán entre U$S 600.000 millones y U$S 800.000 millones para satisfacer la demanda total de agua dulce, inclusive para saneamiento, riego y generación de energía.

De esta enorme suma, el Banco Mundial podrá prestar sólo U$S 35.000 a U$S 40.000 millones como máximo. El resto tendrá que venir de una combinación de financiación pública e inversión privada. Pero para la mayoría de los países en desarrollo será difícil, si no imposible, financiar ese resto. En América Latina solamente, por ejemplo, se estima que las inversiones en gestión e infraestructura de los recursos hídricos requerirán la suma de U$S 100.000 millones en el curso de los dos próximos decenios.

Un aspecto importante de cualquier estrategia internacional de gestión de los recursos hídricos es ayudar a los países que comparten cuencas hidrográficas a confeccionar políticas factibles para ordenar los recursos hídricos más equitativamente. Un mundo escaso de agua es un mundo inherentemente inestable. Casi 100 países comparten 13 grandes ríos y lagos. Más de 200 sistemas hidrográficos atraviesan fronteras internacionales. Es posible que surjan conflictos, especialmente donde los países con poblaciones rápidamente crecientes y tierra arable limitada chocan por tener acceso a los recursos hídricos compartidos.

El caso de la India y Bangladesh demuestra cómo pueden ordenarse las cuencas hidrográficas internacionales para satisfacer la demanda frente a suministros escasos de agua. El Ganges, el río más grande e importante del subcontinente, nace en Nepal y recorre 2.600 kilómetros a través de tres estados indios densamente poblados: Uttar Pradesh, Bihar y Bengala Occidental, antes de entrar a Bangladesh y desembocar en la bahía de Bengala. El río afecta las vidas de 500 millones de personas, muchas de las cuales dependen del río para subsistir con la agricultura y la pesca. Después de medio siglo de amarga rivalidad por tener acceso a las aguas del Ganges, la India y Bangladesh firmaron en diciembre de 1996 un nuevo convenio para compartir el agua por 30 años.

Ambos países han proclamado una nueva era de ordenación de las aguas. El convenio, de aplicarse en su totalidad, garantizará que Bangladesh reciba una cantidad mínima de agua durante la estación seca, especialmente en los tres meses más secos del año: marzo, abril y mayo.

Los críticos argumentan que, si el convenio ha de tener efecto a largo plazo, la India debe comenzar a ordenar la cuenca del Ganges mucho mejor que hasta ahora. A causa de la deforestación en Nepal y el norte de la India, ha aumentado mucho la cantidad de sedimento que arrastra el agua hasta el río durante la estación de los monzones, atascando las vías fluviales y aumentando la incidencia de inundaciones perjudiciales. A menos que se encuentre la manera de captar escorrentías más estables durante la estación húmeda para aprovecharlas durante la estación seca, los agricultores indios podrían sentirse tentados a sacar toda el agua posible del río durante los meses más secos y hacer peligrar así el convenio. En los países donde escasea el agua, los gobiernos deberán dar el más alto grado de prioridad a la gestión de los recursos hídricos. Para un desarrollo sostenible es esencial confeccionar y aplicar una estrategia nacional de regulación del agua. Esa estrategia deberá incluir cuatro elementos:

- Tener en perspectiva la ordenación de las cuencas hidrográficas, especialmente en las regiones con escasez de agua (también apropiado como respuesta internacional, puesto que las cuencas hidrográficas suelen cruzar las fronteras nacionales).
- Instituir una infraestructura factible para la asignación del agua a fin de que puedan satisfacerse las necesidades nacionales, regionales y locales dentro del contexto de una política nacional hidrológica;
- Promulgar y poner en vigor legislación y reglamentos sobre el agua encaminados a conservar agua y valorar adecuadamente este recurso de acuerdo con el tipo de uso; y
- Conectar la regulación del agua a las necesidades de la agricultura, la industria y las municipalidades, y satisfacer las necesidades de la salud pública en materia de saneamiento y prevención de enfermedades.

La ordenación de cuencas hidrográficas se refiere a la gestión de una entera zona continental beneficiada por todos los ríos y acuíferos que desaguan en una determinada masa de agua (como una bahía semicerrada). La ordenación de cuencas fluviales es esencialmente el mismo concepto aplicado a un sistema fluvial, aunque los dos términos se usan de manera intercambiable. Estados Unidos define como cuenca hidrográfica a toda la zona que desagua en un sistema fluvial o en uno de sus principales tributarios. Según el Reino Unido, se define como cuenca hidrográfica a la línea divisoria entre las cuencas fluviales, una zona potencialmente mucho más extensa.

La deforestación ha arruinado la tierra y alterado el clima, dando lugar a que haya menos precipitaciones en algunas zonas. En otras, el agua de lluvia se escurre tan rápidamente que es poco lo que puede recogerse para el uso. En el África subsahariana, por ejemplo, el efecto albedo —el paisaje que se va secando a raíz del desmonte en gran escala de los bosques tropicales y las deficientes prácticas agrícolas— ha traído como resultado precipitaciones inferiores al promedio en los últimos 40 años en comparación con la totalidad del siglo. Idealmente, un plan integral de regulación de una cuenca hidrográfica moviliza a comunidades e individuos y se gana la amplia aceptación del público en el ámbito nacional. Por otra parte, no es nada fácil conseguir regular una cuenca hidrográfica. Se trata de un proceso complejo y contencioso en el que intervienen numerosos interesados con opiniones opuestas acerca del uso del agua. No muchos países han sido capaces de poner en marcha estrategias factibles de ordenación de las cuencas hidrográficas.

En la India, como resultado de la Ley Nacional de Políticas sobre el Agua de 1987, los estados de Rajasthan y Gujarat están estableciendo un comité para regular y controlar el uso del agua en la cuenca del río Sabarmati, que abarca partes de ambos estados. La cantidad media de agua disponible en la cuenca del río Sabarmati no asciende a más de 360 metros cúbicos por persona por año, y esta región se clasifica entre las de mayor tensión hídrica del país. El agua no es sólo un recurso muy limitado, sino que también está crecientemente contaminada por la agricultura de regadío. Para abordar estos problemas, el comité regulará y administrará los recursos hídricos de toda la cuenca fluvial mediante una estructura en la que tienen voz los representantes de cada grupo importante de usuarios del agua. El comité espera establecer amplio apoyo popular e institucional y una estructura capaz de garantizar que se multe a los contaminadores y que los usuarios principales paguen un precio justo por el agua. Si el sistema surte efecto, se extenderá a otras zonas de la India con escasez de agua y alta densidad de población.

Los recursos hídricos originados en las zonas montañosas también pueden estar mejor protegidos y ordenados en la fuente, observa Mountain Agenda, organización no gubernamental interesada en el desarrollo sostenible de los recursos orográficos. La ordenación de las cuencas hidrológicas y fluviales de manera sostenida significa que hay que desarrollar la capacidad institucional, creando inclusive una colección de datos y sistemas de vigilancia multisectoriales. El desarrollo de la capacidad es un tema fundamental de las organizaciones internacionales que promueven cambios, como el Banco Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Asociación Mundial para el Agua. Para desarrollar la capacidad institucional se necesitan las siguientes medidas:

- Evaluar las necesidades nacionales de desarrollo de la capacidad. Es de vital importancia que los gobiernos conozcan las pericias de las dependencias del sector del agua como primer paso para introducir mejoras.
- Crear estructuras administrativas y jurídicas competentes. Habrá que fortalecer la competencia técnica y administrativa de las dependencias nacionales, regionales y locales encargadas de la gestión de los recursos hídricos antes de que pueda avanzarse en esa gestión.
- Esforzarse para que las instituciones respondan positivamente y sean más eficaces. Los organismos encargados de la gestión del agua, tanto públicos como privados, deben ser capaces de responder a las situaciones cambiantes (tanto políticas y sociales como ambientales). Habrá que reacondicionar los organismos estáticos y los trámites anticuados, especialmente cuando se pasa a la categoría de país con escasez de agua o con tensión hídrica.
- Impartir capacitación a los funcionarios superiores de la gestión del agua. Pocos hidrólogos han sido educados para considerar los recursos hídricos de manera amplia. Además del enfoque técnico en el que se consideran las necesidades de abastecimiento y cómo satisfacerlas, cada vez se necesita más un enfoque orientado hacia la demanda.
- Establecer lazos más estrechos con las universidades e institutos de investigación. Puesto que las cuestiones referentes al agua están presentes en las consideraciones sociales y en los valores culturales, los organismos reguladores del agua deberán extenderse más allá de los habituales conductos gubernamentales y hacer uso de un amplio espectro de opiniones y pericias a fin de evaluar las cuestiones relativas al agua dulce y encontrar soluciones.

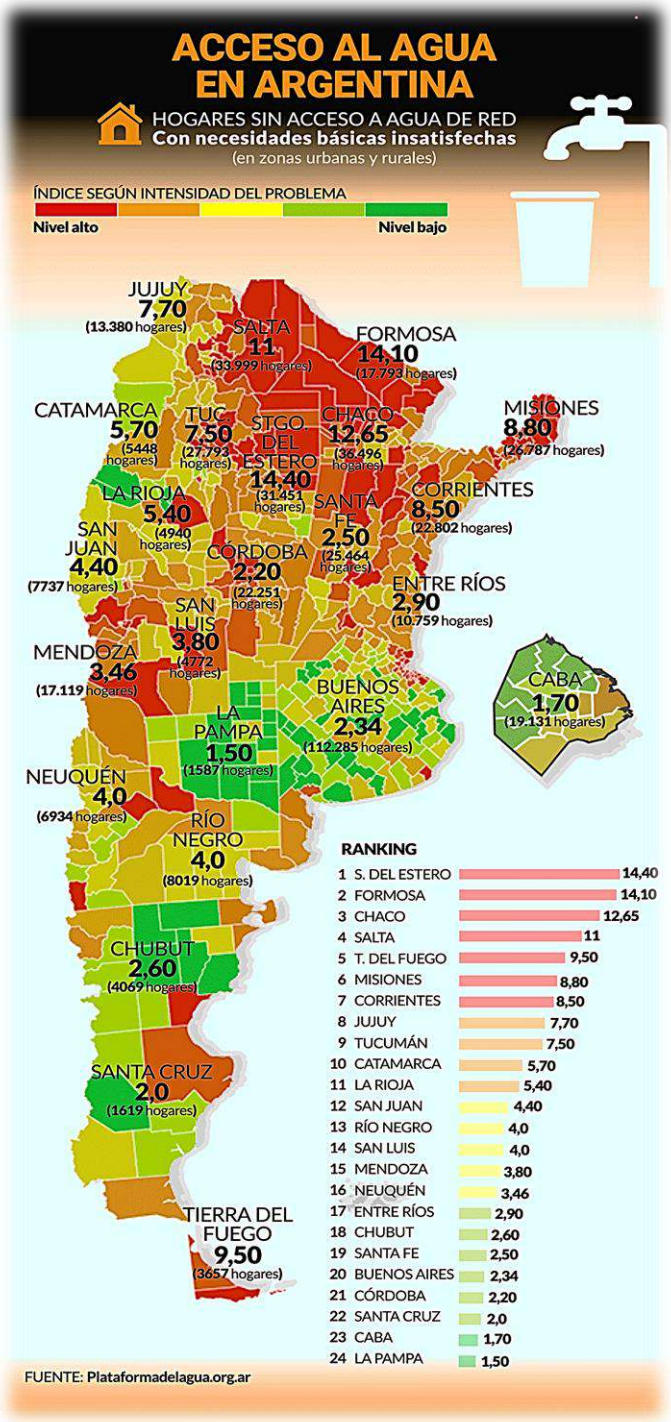
Debe darse un valor al agua dulce que refleje su condición de recurso escaso, en lugar de tratarla como un recurso gratuito o casi gratuito. Como señala la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), las políticas apropiadas de establecimiento de precios pueden estimular un comportamiento ecológicamente responsable en el uso del agua y asegurar un abastecimiento adecuado del agua. Para lograr esto, el agua debe valorarse de forma apropiada de acuerdo a sus diferentes usos. La introducción de mercados del agua y mecanismos de establecimiento de precios puede tener un efecto inmediato y duradero en el uso del agua. Existen varios buenos ejemplos de cómo puede valorarse el agua de modo más apropiado que lo habitual. Chile estableció a mediados de los años ochenta un mercado del agua que no sólo ha ahorrado este vital elemento, sino que también ha permitido que los agricultores comercien los derechos al agua entre los establecimientos agrícolas vecinos y satisfagan así sus necesidades. En un estudio del Banco Mundial sobre el sistema del mercado del agua se concluyó que éste contribuyó grandemente a una gestión mejor y a precios más justos.

En San Pablo, el estado más populoso de Brasil, donde los recursos hídricos ya no dan casi abasto, la demanda creciente de las municipalidades, las industrias y la agricultura amenazan abrumar la capacidad del estado para distribuir suministros escasos. En 1997 se envió un proyecto de Ley de Establecimiento de Precios del Agua a la legislatura del estado que podría formar la base de una política hidrológica enteramente nueva. En virtud de la propuesta, el precio del agua estará determinado por la fuente de abastecimiento, tipo de uso (municipal, industrial o agrícola) y disponibilidad de agua. Las sumas cobradas en virtud de esta medida se volverían a invertir en infraestructura para la gestión de los recursos hídricos. Un sistema viable de regulación del agua requiere la capacidad institucional adecuada para establecer un equilibrio entre las necesidades sectoriales para el bien de la sociedad en conjunto y también para considerar las necesidades de los ecosistemas. La distribución del agua y no la absoluta escasez de agua es lo que suele estar en el centro de los problemas hídricos nacionales. Sin políticas que vinculen el abastecimiento de agua dulce a los usos sectoriales en competencia, a menudo se crean condiciones locales y regionales de escasez de agua, y la competencia se torna cada vez más encarnizada. En los países en desarrollo resulta problemático satisfacer las demandas sectoriales pues en su mayoría carecen de sistemas eficientes de regulación del agua y políticas equitativas de precios basadas en la manera en que se utilizan los recursos hídricos.

PANORAMA REGIONAL

Altiplano: La zona del Altiplano o Puna es una vasta región que abarca Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina, caracterizada por ser una zona árida. La escasez de agua ha generado tensiones en el pasado, como los recientes diferendos entre Bolivia y Chile por un pequeño curso de agua conocido como el Silala. La región también es muy frágil y afronta serios problemas de desertización causada por varios factores, entre ellos el sobrepastoreo y la agricultura intensiva. Esta situación ha hecho que la pobreza esté extendida en la zona y sea foco de constantes problemas sociales. Algunos países, como Bolivia, han tratado de establecer una ley de aguas para el adecuado uso de este recurso, pero esto también ha generado tensiones en la zona.

Argentina: A diferencia de los otros países con quienes comparte el Altiplano, la organización política de Argentina ha determinado que no exista una legislación unificada para la gestión del agua, aplicándose una normatividad distinta en cada provincia, lo que genera vacíos legales y diferencias importantes que obstaculizan el m anejo integrado de los recursos hídricos. Esta situación es generada por el otorgamiento directo de la propiedad o dominio originario de los recursos naturales a la provincia, la cual determina el marco aplicable para su aprovechamiento y gestión. De esta manera, cada provincia define sus propios criterios de asignación del agua, condiciones de uso, régimen de concesiones, procedimientos, tarifas, etc.



Las provincias ostentan el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio, cuyas características diversas según los principales intereses y conflictos se expresan en diferentes tipos de legislación. De esta manera, los organismos competentes tienen serias dificultades técnicas y operativas que limitan la capacidad de los mismos de instrumentar políticas, desarrollar una gestión eficiente y ejercer el poder de policía. Se considera que esta legislación es poco flexible para incorporar elementos que permitan determinar con precisión el valor económico, social y ambiental del agua. Otro problema, propiciado por la situación mencionada, es que la aplicación y control de la legislación vigente es deficiente, lo que se traduce en un incumplimiento generalizado de las normas.

A partir de la Reforma Constitucional de 1994, se encarga a la Nación la responsabilidad de establecer los presupuestos mínimos de protección ambiental y a las provincias la de elaborar la legislación complementaria, se espera superar gradualmente esta situación. El Congreso Nacional cuenta con algunos proyectos de ley en proceso de trámite y consulta sobre ordenamiento ambiental, el sistema nacional de información ambiental, la clasificación de cursos de agua según usos, estándares de calidad ambiental, red de registro de vertidos a cuerpos y cursos de agua, títulos de reducción de contaminación, etc. Sin embargo, la existencia de gran cantidad de cuencas que se extienden por una o más provincias ha obligado a crear cierto nivel de coordinación entre las provincias, con una limitada participación federal, aunque el desarrollo de estas instancias de gestión no ha sido sostenido debido a problemas administrativos y financieros de estas organizaciones. Hacia el año 2000 sólo operaban tres de ellas: el Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, la Comisión Regional del Río Bermejo y la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro. La supervivencia de éstas se asocia al relativo perfil técnico que desarrollaron, los objetivos comunes de las provincias involucradas y la disponibilidad de financiamiento.

El carácter fragmentario de la legislación hídrica argentina podría transitar hacia una estructura unificada bajo la aplicación de la reforma constitucional de 1994, la cual, si bien ratificaba el "dominio originario" de las provincias sobre el recurso, también dispuso que debía existir un conjunto de normas de alcance nacional que precisen los lineamientos para la protección ambiental, correspondiendo a las provincias desarrollarlos y aplicarlos. Bajo este marco, las principales organizaciones responsables de la gestión del agua son la Subsecretaría de Recursos Hídricos y la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental aunque, dada la fragmentación señalada, otras entidades públicas también participan en la gestión de los recursos hídricos. En la práctica la autoridad de estas instituciones es muy fragmentada o difusa.

La Subsecretaría de Recursos Hídricos está a cargo de la Secretaría de Obras Públicas (Ministerio de Infraestructura y Vivienda), encargada del sector hídrico a nivel nacional. A esta dependencia se le asigna la función de diseñar y ejecutar la política hídrica nacional, así como del marco regulatorio para la gestión del recurso, debiendo ocuparse también de los programas relacionados a la gestión y desarrollo de infraestructura y servicios hídricos. Por su parte, la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental pertenece al Ministerio de Desarrollo social y Medio Ambiente, asignándosele la responsabilidad de preservar y recuperar el medio ambiente y conservar los recursos naturales renovables.

La autoridad de estas instituciones está muy limitada todavía por la posición dominante de los gobiernos provinciales sobre las instituciones de tipo nacional (como las mencionadas anteriormente). Esta situación, en medio de un proceso de reformas estructurales durante los noventa que apuntaban a la liberalización de los mercados y la privatización, ha significado que las respectivas legislaciones provinciales tengan que enfrentar los fuertes conflictos de intereses entre los sectores que demandan el recurso. Sin bien la actividad agrícola y pecuaria sigue siendo la principal usuaria del agua, es importante destacar la importancia del Sector Saneamiento. Este, manejado de manera centralizada hasta 1980, pasó a transferirse a cada provincia y, en algunos casos, llegó a asignarse a unidades de gestión locales como municipalidades o cooperativas de usuarios.

Este proceso fue continuado con una clara tendencia hacia la privatización de estos servicios públicos, promoviéndose el otorgamiento de concesiones a empresas privadas para la prestación de los servicios, las cuales eran reguladas por entes estatales especializados. El desarrollo del sector privado, mediante concesiones, en la prestación de servicios de saneamiento ha permitido que actualmente éste sea el principal proveedor, representando el 60% en el sector urbano, seguidos por las empresas municipales con 20% en tanto que los organismos provinciales, las cooperativas y las agrupaciones y uniones vecinales registran porcentajes menores. Sin embargo, la dispersión de la autoridad también se produce en este caso, ya que cada provincia es responsable de organizar sus propios entes reguladores, generando nuevos problemas relacionados con la competencia territorial de éstos y su capacidad institucional para realizar una labor eficiente.

Las principales instituciones encargadas de apoyar el desarrollo del sector son el Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA), que brinda asistencia técnica y financiera a las empresas concesionarias, y el Consejo Federal de Saneamiento (COFESA), cuya labor consiste en servir como órgano consultivo para determinar los programas que ejecutará el ENOHSA, en base a la coordinación interinstitucional. El sistema de fijación de tarifas de agua responde a criterios diferentes según cada provincia, aunque se sostiene que éstos no reflejan el valor económico del agua, lo que constituye un obstáculo al uso eficiente del recurso. En el caso del sector agrario, el mayor consumidor de agua, la tarifa teóricamente intenta cubrir los costos de captación y distribución del agua, fijándose en función a la superficie que posee el regante y no en base al consumo efectivo. La determinación arbitraria de la tarifa, en base a criterios políticos, ha significado que se mantenga en niveles muy bajos que no reflejan su verdadero valor, lo que sumado al incumplimiento de los pagos por parte de los usuarios, ha significado que la recaudación sea insuficiente para cumplir los fines planteados.

En lo que se refiere a la defensa del medio ambiente y los recursos hídricos, la reforma constitucional de 1994 constituyó un importante avance. Además del rol que cumple la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental, se debe mencionar que gradualmente se está desarrollando la legislación necesaria para los principales sectores de usuarios de agua. En este sentido, el Consejo Federal del Medio Ambiente (COFEMA) está llamado a jugar un importante papel, ya que su función es formular una política ambiental integral y promover la coordinación de políticas interinstitucionales en lo que respecta a estrategias, planes y programas de gestión regionales y nacionales.

El Sector Saneamiento ya ha establecido, a través de la ENOHSA, la condición de presentar estudios de impacto ambiental para la ejecución de proyectos al amparo de contratos con el Banco Interamericano de Desarrollo y el Banco Mundial, en base a criterios ampliamente aceptados. Del mismo modo, el Sector Electricidad también incluye diversos procedimientos para garantizar un manejo adecuado del recurso hídrico. Su aplicación está a cargo de la Secretaría de Energía, APRA los proyectos hidroeléctricos, y el Ente Nacional Regulador de Electricidad, para plantas generadoras. Esto busca garantizar que las actividades mencionadas no vayan a afectar las condiciones ambientales por el uso del agua en las cuencas o la emisión de residuos y efluentes contaminantes.

El Chaco es una vasta región compartida por Argentina, Bolivia y Paraguay, con recursos naturales caracterizados por su fragilidad y relativa escasez, además de contar con una población reducida y marginalizada. Esta región sufre severos problemas de desertización, que inciden en la pobreza de sus habitantes. El agua, justamente es uno de los recursos escasos, a pesar de contar con dos grandes ríos que dibujan la región: el Pilcomayo y el Paraguay. Cuando llueve, el agua corre por las quebradas con tanta fuerza que destruye todo lo que encuentra en su camino. Los recursos acuíferos del Chaco afrontan también problemas de contaminación, lo que en el pasado ha generado tensiones y la necesidad de una actuación coordinada por los países de la región.

EL AGUA DULCE ES UN RECURSO LIMITADO

- El agua constituye entre un 60 y un 70% (del peso) de todos los organismos vivos y es fundamental para la fotosíntesis.
- La cantidad total de agua en la Tierra cambia muy poco año tras año. El ciclo hidrológico de evaporación y precipitación hace circular el agua de la Tierra entre los océanos, la tierra y la atmósfera.
- El agua cubre el 75% de la superficie terrestre; el 97,5% del agua es salada, sólo el 2,5% es dulce.
- Los casquetes de hielo y los glaciares contienen e174% del agua dulce del mundo. La mayor parte del resto se encuentra en las profundidades de la tierra o encapsulada en la tierra en forma de humedad o pergelisuelo. Sólo el 0,3% del agua dulce del mundo se encuentra en los ríos y lagos.
- Para uso humano se puede acceder a menos del 1% del agua dulce superficial subterránea del planeta.
- En 25 años, es posible que la mitad de la población del mundo tenga dificultades para encontrar agua dulce en cantidades suficientes para consumo y para riego.
- En la actualidad, más de 80 países, -el 40% de la población mundial -sufren una escasez grave de agua. Las condiciones pueden llegar a empeorar en los próximos 50 años a medida que aumente la población y que el calentamiento mundial perturbe los regímenes de precipitaciones.
- Un tercio de la población mundial vive en zonas con escasez de agua en las que el consumo supera el abastecimiento. Asia occidental es la región más amenazada. Más del 90% de la población de esa región padece un gran estrés por escasez de agua y el consumo de agua supera en un 10% los recursos de agua dulce renovables.

EL AGUA DULCE ES ESENCIAL PARA LA SALUD

- El mejoramiento de la gestión de los recursos hídricos ha traído enormes beneficios a la gente de los países en desarrollo. En los últimos 20 años, se extendieron el abastecimiento del agua potable a más de 2.400 millones de personas y servicios mejorados de saneamiento a 600 millones.
- Sin embargo, una de cada seis personas todavía no tiene un acceso regular a agua potable.
- Más del doble (2.400 millones de personas) carecen de acceso a servicios de saneamiento adecuados.
- Los que no tienen acceso a servicios de saneamiento adecuados son los más pobres y vulnerables. El problema es especialmente grave en las zonas rurales y en las zonas urbanas en rápida expansión.
- En África, 300 millones de personas (el 40% de la población) vive sin un saneamiento e higiene básicos, lo cual representa un aumento de 70 millones de personas desde 1990.
- En los países en desarrollo alrededor del 90% de las aguas de desecho se descarga en ríos y arroyos sin tratamiento alguno.
- El agua insalubre, foco de reproducción de parásitos, amebas y bacterias, perjudica la salud de 1.200 millones de personas por año.
- Las enfermedades transmitidas por el agua causan el 80% de las enfermedades y muertes que se producen en los países en desarrollo y provocan la muerte de un niño cada ocho segundos.
- La mitad de las camas de hospitales del mundo están ocupadas por gente padece enfermedades transmitidas por el agua.
- Casi e140% de la población del mundo vive a 60 kilómetros o menos de la costa. Las enfermedades y defunciones relacionadas con las aguas costeras contaminadas cuestan a la economía mundial, por sí solas 16.000 millones de dólares por año.
- En Asia meridional, entre los años 1990 y 2000,220 millones de personas se beneficiaron con las mejoras en el acceso al agua dulce y al saneamiento. En ese mismo período, se sumaron a la población 222 millones de personas, lo cual anuló totalmente los adelantos logrados.
- En ese mismo período, en África oriental se duplicó la cantidad de gente sin servicios de saneamiento, que pasó a 19 millones de personas.
- El costo de suministrar agua potable y servicios de saneamiento adecuados a todas las personas en el mundo para 2025 será de 180.000 millones de dólares por año, es decir una inversión de dos a tres veces mayor que la actual.

EL AGUA DULCE ES UN RECURSO COMPARTIDO

- Los ríos forman un mosaico hidrológico en el mapa político del mundo.
- Hay aproximadamente 263 cuencas fluviales internacionales, que abarcan el 45,3% de la superficie terrestre del planeta (excluyendo la Antártida) y en las que habita más de la mitad de la población del mundo.
- Un tercio de esas 263 cuencas transfronterizas es compartido por más de dos países.
- En muy pocos casos los límites de las cuencas hidrográficas coinciden con los límites fronterizos administrativos.

- Muchos países también comparten los acuíferos subterráneos.
- Los acuíferos subterráneos almacenan hasta el 98% de las fuentes de agua dulce accesibles. Proporcionan el 50% del agua potable en el mundo, el 40% del agua utilizada para la industria y el 20% del agua para la agricultura.
- En término medio, el uso doméstico diario de agua dulce de una persona de un país desarrollado es diez veces superior al de una de un país en desarrollo. En el Reino Unido una persona usa un promedio de 135 litros de agua por día. En los países en desarrollo, una persona usa 10 litros.

EL AGUA DULCE ES ESENCIAL PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

- La mayor parte del agua dulce se utiliza para el cultivo de alimentos.
- Una persona necesita beber aproximadamente cuatro litros de agua por día; para producir las necesidades alimentarías diarias de un individuo se precisan entre 2.000 y 5.000 litros de agua. Más del 80% del consumo de agua en el mundo está dirigido a la agricultura.
- Se calcula que para 2030 se precisará entre un 14% y un 17% más de agua destinada al riego para alimentar a la población cada vez mayor del mundo.
- El 60% del agua utilizado para el riego se desperdicia. Con un mejoramiento de110% en la eficiencia del riego se podría duplicar el abastecimiento de agua potable para los pobres.
- En África más del 20% de las proteínas de la población proviene del producto de la pesca de agua dulce.

EL AGUA EN EL FUTURO

- Doscientos científicos de 50 países han determinado que la escasez de agua es uno de los dos problemas más acuciantes del nuevo milenio (el otro es el cambio climático).
- Desde 1950 se ha triplicado con creces el uso del agua en el mundo.
- Si continúa la tendencia actual, en los próximos 20 años los seres humanos utilizarán un 40% más de agua que en la actualidad.
- Según proyecciones, la cantidad de gente que vive en países con estrés por falta de agua pasará de los 470 millones actuales a 3.000 millones en 2025. La mayor parte de esa gente vive en países en desarrollo.
- Para lograr los objetivos de suministro de agua dulce para 2015, habrá que abastecer de agua a 1.500 millones de personas más en África, Asia, América Latina y el Caribe.
- Casi 200 millones de personas en África sufren una grave escasez de agua. En 2025, aproximadamente 230 millones de africanos tendrán problemas por insuficiencia de agua y 460 millones vivirán en países con estrés por falta de agua.
- Los problemas del agua están más relacionados con una mala gestión que con la escasez de ese recurso.
- En algunos casos hasta el 50%, del agua en las zonas urbanas, yel 60%, del agua utilizada para la agricultura se desperdicia por pérdidas y evaporación.
- La explotación forestal y la conversión de la tierra para dar lugar a las demandas de los seres humanos han reducido a la mitad los bosques del mundo entero, lo cual ha aumentado la erosión de la tierra y la escasez de agua.

• Entre 300 y 400 millones de personas en todo el mundo viven en áreas cercanas a humedales y dependen de éstos.

• Los humedales son mecanismos de tratamiento de las aguas servidas extremadamente eficientes, ya que absorben las sustancias químicas y filtran los contaminantes y sedimentos. La mitad de los humedales del mundo han desaparecido a causa de la urbanización y el desarrollo industrial.

• La única manera de lograr un desarrollo sostenible y de mitigar la pobreza será mediante una mejor gestión de los ríos y humedales, y de las tierras en las que desaguan y drenan, así como a través de una mayor inversión en ellos

• En el Acuífero Guaraní, Argentina participa junto a Uruguay, Paraguay y Brasil en la realización del proyecto de investigación de la fuente de agua, financiado por el Banco Mundial.

• En el Campo de Hielos Continentales, existen dos problemas que dificultan la administración del recurso hídrico: la todavía irresuelta demarcación de límites con Chile y el establecimiento de este sector de nuestro país como Patrimonio Natural de la Humanidad, lo que haría suponer que cualquiera podría tener derechos sobre esta fuente de agua dulce.

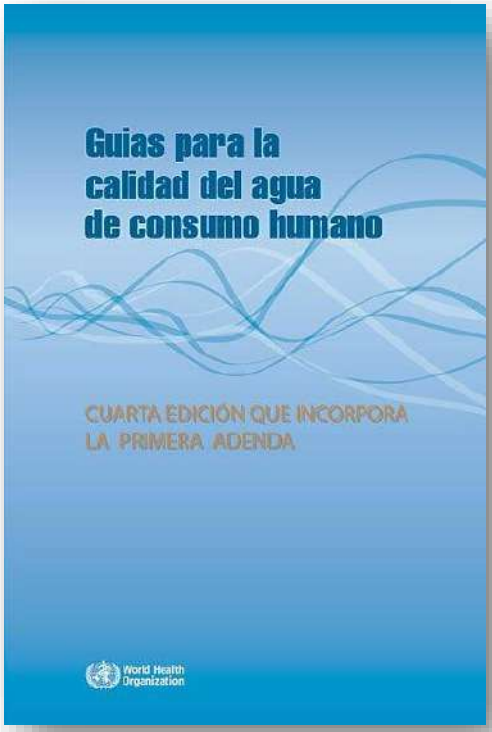
• En cuanto a la Antártida, si bien es cierto que ningún Estado tiene soberanía sobre éste extenso casquete polar, nuestro país tiene presencia en el mismo desde la segunda década del siglo XIX y el 22 de febrero de 1904 inició la ocupación permanente del sector denominado Antártida Argentina. Esto debería ser más que suficiente para apoyar cualquier futuro reclamo de soberanía sobre el continente y para la protección del recurso hídrico que significa.

CALIDAD DEL AGUA POTABLE (ANÁLISIS DE LABORATORIO Y LEGISLACIÓN)

Capítulo 2: Legislación vigente para agua potable

(Las fotografías de la presentación, son propiedad del autor y publicadas oportunamente con sus fuentes en su Blog científico: SEGURIDAD ALIMENTARIA, BROMATOLOGÍA y MICROBIOLOGÍA de los ALIMENTOS: www.bagginis.blogspot.com)

- **OMS Y CODEX ALIMENTARIUS**



OMS: El acceso al agua potable es fundamental para la salud, uno de los derechos humanos básicos y un componente de las políticas eficaces de protección de la salud. La importancia del agua, el saneamiento y la higiene para la salud y el desarrollo han quedado reflejados en los documentos finales de diversos foros internacionales sobre políticas. Entre las conferencias relativas a la salud, podemos citar la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud que tuvo lugar en Alma Ata, Kazajstán (ex Unión Soviética) en 1978. Entre las conferencias sobre el agua, destacan la Conferencia Mundial sobre el Agua, de Mar del Plata (Argentina) de 1977, que dio inició al Decenio Internacional del Agua de consumo humano y del Saneamiento Ambiental de 1981-1990, así como los Objetivos de Desarrollo del Milenio, aprobados por la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) en 2000 y el documento final de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, realizada en Johannesburgo en 2002.

La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el periodo de 2005 a 2015 como el Decenio Internacional para la Acción "El agua, fuente de vida". Más recientemente, la Asamblea General de la ONU declaró el agua de consumo humano limpia y segura y el saneamiento como un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y todos los demás derechos humanos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó cuatro ediciones de las Guías para la calidad del agua potable (en 1983-1984, 1993-1997, 2004 y 2011), como sucesoras de las Normas internacionales para el agua potable, de la OMS, publicadas en 1958, 1963 y 1971. Desde 1995, las Guías se han mantenido actualizadas mediante un proceso de revisión continua, que condujo a la publicación regular de adendas que añadían o reemplazaban información de los volúmenes anteriores, y contenían revisiones de expertos en cuestiones clave preparatorias para la revisión de las Guías.

El proceso de desarrollo de la cuarta edición fue conducido por la Unidad de Agua, Saneamiento, Higiene y Salud, de la Sede de la OMS. Esta versión de las Guías integra la cuarta edición publicada en 2011 y comprende la primera adenda de la cuarta edición, publicado en 2016. Esta publicación sustituye las ediciones anteriores de las Guías y las Normas internacionales previas. El objetivo principal de las Guías es proteger la salud pública asociada a la calidad del agua potable. Los objetivos generales de las Guías son:

- proporcionar una base autorizada para la consideración efectiva de la salud pública en el establecimiento de políticas y acciones nacionales o regionales de agua potable;
- ofrecer un marco integral de gestión preventiva del riesgo para proteger la salud desde la cuenca hasta el consumidor, que abarque la formulación de políticas y el establecimiento de normas, los enfoques de gestión basados en el riesgo y la vigilancia;
- enfatizar las prácticas viables y la formulación de normas sólidas, aplicables tanto en los países de ingresos bajos como en los de ingresos medios e industrializados;
- resumir las consecuencias para la salud relacionadas con los contaminantes en el agua potable y el papel de la evaluación del riesgo y la gestión del riesgo en la prevención y el control de enfermedades;
- sintetizar opciones efectivas para la gestión del agua potable, y
- brindar orientación sobre la identificación de peligros y la evaluación de riesgos

Esta edición de las Guías, que incorpora la primera adenda, expande conceptos, enfoques e información descritos en ediciones anteriores, incluido el enfoque integral de gestión preventiva del riesgo para garantizar la calidad del agua potable, que se propuso en la tercera edición. Esta edición considera:

- la seguridad del agua potable, incluidos los procedimientos mínimos y los valores de referencia específicos, y cómo se deben aplicar;
- los enfoques utilizados para aplicar las Guías, incluidos los valores de referencia;
- los peligros microbianos, que continúan siendo la principal preocupación tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados. La experiencia ha demostrado el valor del enfoque sistemático para garantizar la inocuidad microbiana. Esta edición se basa en los principios de prevención introducidos en la tercera edición a fin de garantizar la seguridad microbiana del agua potable a través del enfoque de barreras múltiples, que destaca la importancia de la protección de las fuentes de agua;
- el cambio climático, que produce cambios en la temperatura del agua y en los patrones de lluvia, sequía grave y prolongada o aumento de las inundaciones, con consecuencias en la calidad y en la escasez del agua; se reconoce la importancia de la gestión de estos impactos como parte de las estrategias de gestión del agua;
- los contaminantes químicos en el agua potable, incluida la información sobre productos químicos no considerados previamente (por ej., los plaguicidas utilizados para el control de vectores en el agua potable); revisión de las hojas de información sobre sustancias químicas, teniendo en cuenta la nueva información científica; y, en algunos casos, se ha reducido la cobertura en las Guías cuando la nueva información sugiere una prioridad menor;
- los productos químicos clave responsables de efectos sobre la salud en gran escala por la exposición al agua potable (por ej., el arsénico, fluoruro, plomo, nitrato, selenio y uranio); se proporciona orientación para la identificación de prioridades locales y la gestión;

• las funciones importantes que desempeñan diferentes partes interesadas para garantizar la seguridad del agua potable; esta publicación amplía la discusión introducida en la tercera edición sobre las funciones y responsabilidades de las principales partes interesadas en garantizar la seguridad del agua potable, y

• la orientación en situaciones distintas del abastecimiento tradicional de la comunidad o de los organismos proveedores de servicios de agua y saneamiento, como la recolección de agua de lluvia, el suministro de agua sin tuberías o con sistemas de tuberías duales.

Las Guías se dirigen principalmente a los reguladores del agua y la salud, a los responsables de la formulación de políticas y a sus asesores para orientarlos en el desarrollo de normas nacionales. Muchas otras personas usan las Guías y documentos asociados como fuente de información sobre la calidad del agua y la salud, y los aplican en enfoques de gestión eficaces. Se reconoce que las Guías representan la posición del sistema de la ONU en temas de calidad del agua potable y la salud a través de ONU-Agua, el organismo que coordina las 24 agencias y programas de las Naciones Unidas que tratan asuntos relacionados con el agua.

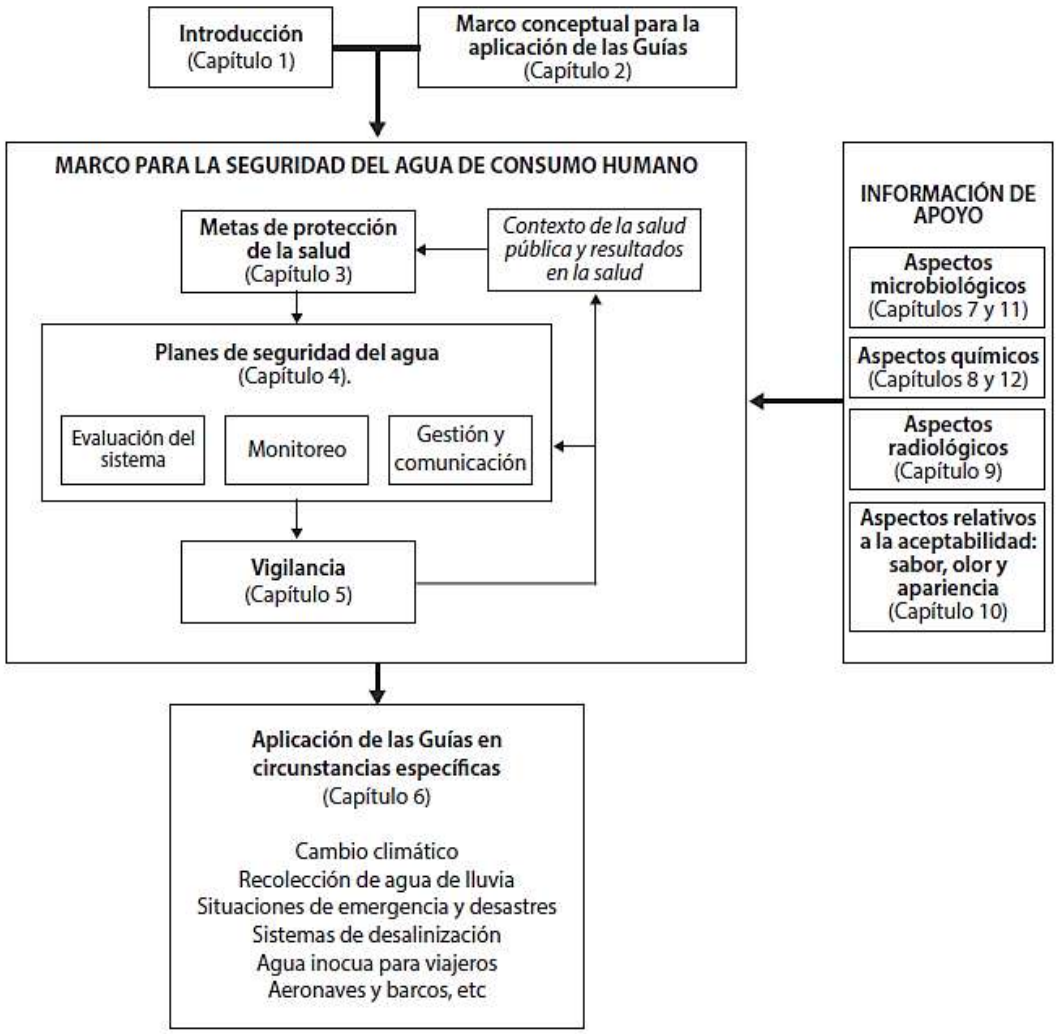


Figura 1.1 Interrelaciones entre los capítulos de las *Guías para la calidad del agua de consumo humano* que permiten asegurar su calidad

Los requisitos básicos y esenciales para garantizar la seguridad del agua de consumo humano son un marco para la seguridad del agua que comprenda objetivos de protección de la salud establecidas por una autoridad con competencia en materia de salud, sistemas adecuados y gestionados correctamente (infraestructuras adecuadas, monitoreo correcto y planificación y gestión eficaces), y un sistema de vigilancia independiente. La aplicación de un abordaje integral en la evaluación y la gestión de riesgos de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo humano aumentan la confianza en la seguridad del agua. Este abordaje conlleva la evaluación sistemática de los riesgos en todo el sistema de abastecimiento de agua de consumo humano—desde la fuente y captación del agua hasta el consumidor— y la identificación de las medidas que pueden aplicarse para gestionar estos riesgos, incluidos los métodos que garanticen que las medidas de control están funcionamiento de modo eficaz. Incorpora estrategias para abordar la gestión cotidiana de la calidad del agua y hacer frente a las alteraciones y averías. En este sentido, el cambio climático—que se manifiesta en mayores y más graves periodos de sequía o de lluvias más intensas que originan inundaciones—puede tener un impacto tanto en la calidad como en la cantidad de agua, lo que requerirá planificación y gestión para minimizar los efectos adversos en las fuentes de agua de consumo humano. El cambio climático también debe ser considerado a la luz de los cambios demográficos, como el continuo crecimiento de las ciudades, que a su vez implica retos importantes para el abastecimiento de agua de consumo humano.

El 28 de julio de 2010, a través de la **Resolución 64/292**, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. La Resolución exhorta a los Estados y organizaciones internacionales a proporcionar recursos financieros, a propiciar la capacitación y la transferencia de tecnología para ayudar a los países, en particular a los países en vías de desarrollo, a proporcionar un suministro de agua potable y saneamiento saludable, limpio, accesible y asequible para todos.

En noviembre de 2002, el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales adoptó la Observación General Nº 15 sobre el derecho al agua. El artículo I.1 establece que "El derecho humano al agua es indispensable para una vida humana digna". La Observación Nº 15 también define el derecho al agua como el derecho de cada uno a disponer de agua suficiente, saludable, aceptable, físicamente accesible y asequible para su uso personal y doméstico. Reconocer formalmente un derecho humano al agua y expresar la voluntad de dar contenido y hacer efectivo dicho derecho, puede ser una manera de estimular a la comunidad internacional y a los gobiernos para que redoblen sus esfuerzos para satisfacer las necesidades humanas básicas y para la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

El abastecimiento de agua por persona debe ser **suficiente y continuo** para el uso personal y doméstico. Estos usos incluyen de forma general el agua de beber, el saneamiento personal, el agua para realizar la colada, la preparación de alimentos, la limpieza del hogar y la higiene personal. **De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), son necesarios entre 50 y 100 litros de agua por persona y día para garantizar que se cubren las necesidades más básicas** y surgen pocas preocupaciones en materia de salud.

El agua necesaria, tanto para el uso personal como doméstico, debe ser **saludable**; es decir, libre de microorganismos, sustancias químicas y peligros radiológicos que constituyan una amenaza para la salud humana. Las medidas de seguridad del agua potable vienen normalmente definidas por estándares nacionales y/o locales de calidad del agua de boca. Las **Guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS)** proporcionan la bases para el desarrollo de estándares nacionales que, implementadas adecuadamente, garantizarán la salubridad del agua potable.

El agua ha de presentar un color, olor y sabor **aceptables** para ambos usos, personal y doméstico. Todas las instalaciones y servicios de agua deben ser culturalmente apropiados y sensibles al género, al ciclo de la vida y a las exigencias de privacidad. Asimismo, todo el mundo tiene derecho a unos servicios de agua y saneamiento **accesibles físicamente** dentro o situados en la inmediata cercanía del hogar, de las instituciones académicas, en el lugar de trabajo o las instituciones de salud. De acuerdo con la OMS, la fuente de agua debe encontrarse a menos de 1.000 metros del hogar y el tiempo de desplazamiento para la recogida no debería superar los 30 minutos. Por último, el agua y los servicios e instalaciones de acceso al agua deben ser **asequibles** para todos. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) sugiere que el coste del agua no debería superar el 3% de los ingresos del hogar.

Una cantidad suficiente de agua de calidad adecuada es una condición previa esencial para la vida humana, el desarrollo socioeconómico y la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, la seguridad de nuestros recursos finitos de agua dulce se ve amenazada por las demandas competitivas de las poblaciones en rápida expansión y las economías mundiales y se hace vulnerable por los conflictos en curso y los múltiples efectos compuestos del cambio climático. Para acelerar los esfuerzos para enfrentar los desafíos de la seguridad hídrica, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró a 2018-2028 la **Década de Acción del Agua para el Desarrollo Sostenible**.

Esto coincide y complementa la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ODS 2015-2030). A mitad de camino en la Década de Acción por el Agua y la era de los ODS, este informe, realizado por el Instituto de la Universidad de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Salud del Agua (UNU INWEH), el único grupo de expertos de la ONU sobre el agua, proporciona una evaluación global cuantitativa preliminar que evalúa el estado de la seguridad hídrica de 7.78 millones de personas que viven en 186 países. Si bien no es una tarea fácil, es esencial hacer un seguimiento de nuestro progreso hacia la realización de un mundo con mayor seguridad hídrica, e identificar dónde y qué esfuerzos de desarrollo, financiamiento y enfoque de políticas más específicos deberían ser para garantizar que los más vulnerables e inseguros no se queden atrás. Este informe no es una evaluación definitiva de nuestro mundo en constante cambio, que rara vez está bien medido. Es un primer paso necesario para establecer una imagen más clara de la seguridad hídrica mundial que puede actualizarse y se actualizará periódicamente a medida que se disponga de datos adicionales y más sólidos.

Los ODS, y el ODS 6 específicamente, reflejan estas dimensiones holísticas de la seguridad hídrica. Las metas e indicadores de los ODS son medios universalmente acordados para monitorear e informar sobre el progreso hacia el logro de la seguridad hídrica. Por lo tanto, debería ser posible cuantificar la seguridad hídrica nacional para todos los países del mundo utilizando este marco. La evaluación preliminar presentada en este informe aborda 10 resultados de desarrollo como componentes de la seguridad hídrica que deberían cuantificarse utilizando indicadores de los ODS. El presente informe tiene por objeto:

• Cuantificar y comparar los niveles actuales de los componentes principales de la seguridad hídrica, por país, utilizando indicadores definidos por los ODS y conjuntos de datos disponibles para revelar una imagen explícita de la seguridad hídrica mundial en medio de la Década de Acción por el Agua y la Agenda 2030.
• Apoyar el pilar de aceleración de "Mejora de los datos y la información" del Marco Mundial de Aceleración del ODS 6 de ONU-Agua, garantizando que "cualquier responsable de la toma de decisiones comparta información de alta calidad sobre los indicadores del ODS 6 y sea fácilmente accesible" (ONU Agua, 2020).
• Destacar el estado general de los datos disponibles sobre el agua reportados rutinariamente por los países dentro del marco y los indicadores de los ODS e identificar las brechas de datos que deben llenarse para respaldar análisis precisos y confiables de la seguridad hídrica en el futuro.
• Recomendar, cuando se identifiquen brechas, mejoras para la presentación de informes de indicadores de los ODS para el resto de la era de los ODS, y consideraciones clave para mejorar el monitoreo de la seguridad hídrica, para la próxima fase de los ODS, más allá de 2030.

Esta evaluación aplica un enfoque inclusivo para garantizar que un número máximo de países estén representados y comparados a nivel mundial por sus niveles nacionales de seguridad hídrica evaluados. Se incluyen todos los países con datos suficientes para evaluar los 10 componentes de seguridad hídrica, independientemente de su tamaño, población o geografía. Los 10 componentes de la seguridad hídrica evaluados son:

1. **Agua potable**
2. **Saneamiento**
3. **Buena salud**
4. **Calidad del agua**
5. **Disponibilidad de agua**
6. **Valor del agua**
7. **Gobernanza del agua**
8. **Seguridad humana**
9. **Seguridad económica**
10. **Estabilidad de los recursos hídricos**

Estos componentes se evalúan y mapean a nivel nacional utilizando indicadores con métricas claras y datos disponibles públicamente. Siempre que es posible, los indicadores individuales se cuantifican utilizando datos de indicadores nacionales de los ODS, disponibles gratuitamente a través de plataformas en línea mantenidas por las agencias de datos custodios de los ODS de la ONU. Cuando se completó esta evaluación preliminar a principios de 2023, los datos más recientes de los indicadores de los ODS disponibles correspondían a 2020 y, desafortunadamente, más de la mitad de los indicadores del agua tenían limitaciones de datos importantes que requerían la aplicación de algunos subindicadores y valores indirectos de conjuntos de datos de código abierto.

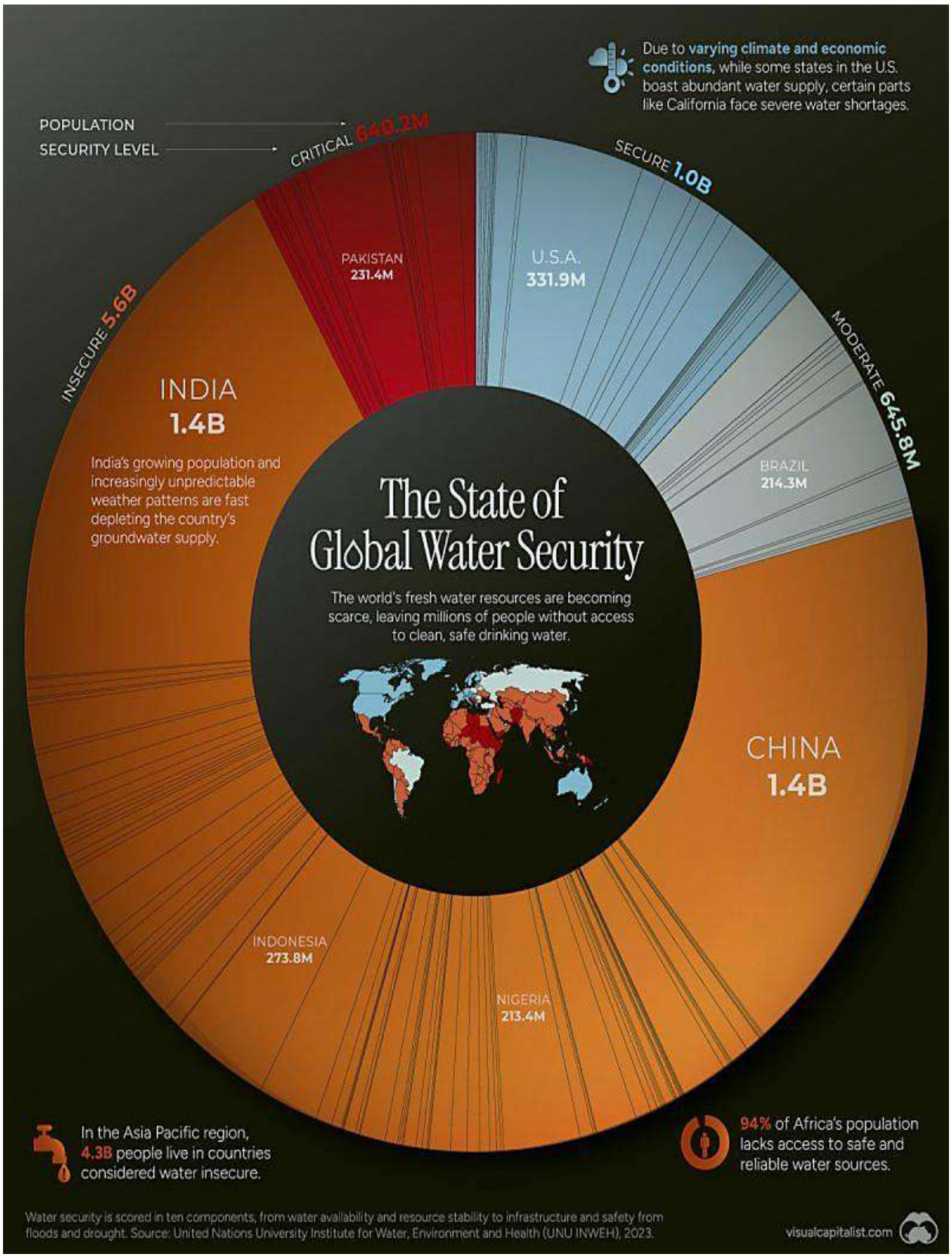
Cada componente de seguridad hídrica se evalúa, y cada país recibe una puntuación de 10. Todos los puntajes de los componentes nacionales se mapean para una comparación global. Un puntaje general de seguridad hídrica nacional se calcula a partir de la suma de cada 10 componentes, con un puntaje máximo de 100. Los puntajes nacionales se clasifican como agua "segura" (75 y más), "moderadamente segura" (65-74), "insegura" (41-64) o "críticamente insegura" (40 o menos). El estado nacional de seguridad hídrica se compara entre países, entre regiones globales y entre grupos de ingresos.

Esta evaluación reveló que, a pesar de todos los esfuerzos realizados hasta la fecha, el estado de los datos relacionados con el agua pertinentes a nivel mundial sobre casi todas las cuestiones relacionadas con el agua sigue siendo deficiente, con las notables excepciones de los datos de agua, saneamiento e higiene y salud administrados por el Proyecto Conjunto de Vigilancia (OMS y UNICEF), y los datos comunicados a nivel nacional sobre la gestión integrada de los recursos hídricos (PNUMA-DHI).). La falta de datos sobre el agua se manifiesta con tanta fuerza que algunos componentes críticos de la seguridad hídrica simplemente no pueden evaluarse sin la introducción de sustitutos. Los datos mundiales sobre los recursos hídricos son antiguos, y muchas características hidrológicas todavía se consideran "constantes" a pesar de que casi todos los componentes del ciclo del agua están en flujo en un clima cambiante.

No se dispone de conjuntos de datos mundiales fiables y de información nacional sobre los efectos de los desastres hídricos en la seguridad humana o las economías nacionales, y los datos de investigación demostraron ser la mejor fuente de indicadores. Esto representa un reto importante para la evaluación y compensación de «pérdidas y daños». Muchos pequeños Estados insulares en desarrollo y PMA están muy expuestos a desastres hídricos y corren el riesgo de debido a la escasa estabilidad de los recursos hídricos y sufren particularmente de escasez de datos en estos componentes.

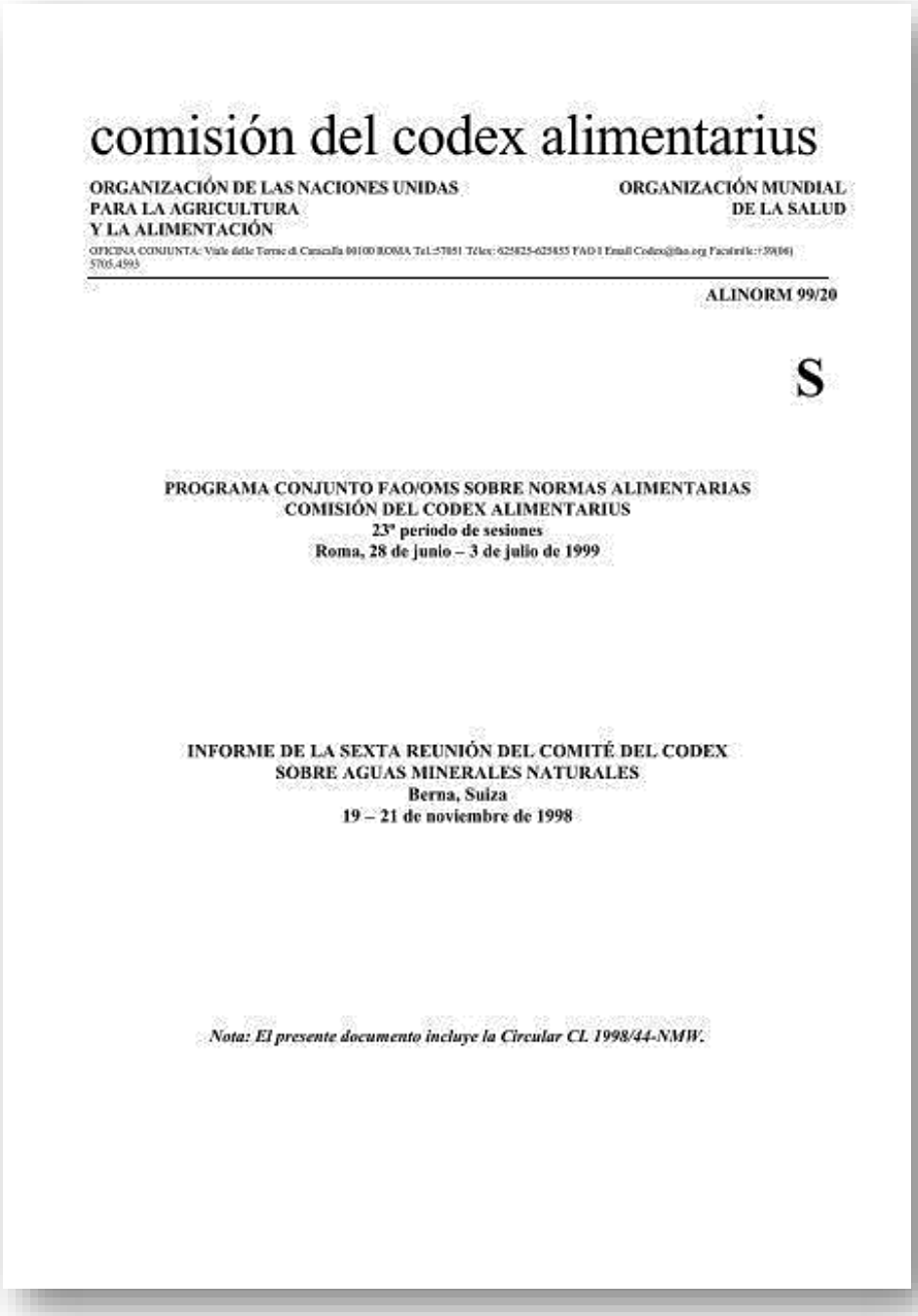
El supuesto metodológico subyacente clave en este enfoque, que debe reiterarse desde la sección de introducción anterior, es que la naturaleza multidimensional de la seguridad hídrica, por un lado, y la simplicidad y el pragmatismo mencionados, por el otro, ya están capturados por el subconjunto de metas e indicadores relacionados con el agua que actualmente figuran en el continuo de los ODS. Si bien se acepta que la estructura general de los ODS y los indicadores individuales en sí mismos no son perfectos y pueden no cubrir todos los aspectos de la seguridad hídrica, colectivamente representan la forma más directa y estándar de cuantificar la seguridad hídrica de cualquier nación en la actualidad, al menos hasta 2030, ya que los Estados Miembros de las Naciones Unidas deberían informar rutinariamente. con la asistencia de los organismos custodios de las Naciones Unidas responsables de la metodología a nivel de indicadores del ODS 6 y el desarrollo de metadatos.

En general, la escasa disponibilidad y calidad de los datos fueron las principales limitaciones de esta evaluación, lo que revela que es casi imposible evaluar el progreso en los indicadores de desarrollo del agua con precisión a nivel mundial. Los componentes de seguridad hídrica evaluados representan un punto de referencia a partir del cual evaluar el progreso futuro, pero todos los gobiernos nacionales deben tomar medidas inmediatas para mejorar radicalmente la recopilación de datos, con el apoyo de agencias internacionales y custodios de datos de la ONU. Sin estos datos, el progreso en la seguridad hídrica hacia al menos la mitad de las metas del ODS 6 (agua) seguirá siendo "estimaciones" en el mejor de los casos. Se puede argumentar que la disponibilidad de datos sobre el agua en sí misma debe verse como un indicador en futuras evaluaciones de recursos hídricos y seguridad. Los profesionales del agua y los responsables políticos de todo el mundo reconocen la importancia de contar con datos fiables e información precisa y actualizada para la toma de decisiones basada en la evidencia. Estos son componentes esenciales de un futuro en el que todos los recursos hídricos deben ser reconocidos y tratados como recursos preciosos y altamente valorados como piedras angulares de la economía circular. Esta evaluación es un paso en esta dirección y, con suerte, uno que pueda fortalecerse en futuras iteraciones. Este informe se dirige a: 1) los actores nacionales de políticas hídricas en todo el mundo, encargados de implementar los ODS relevantes e informar sobre el progreso, lo que permite evaluar y comparar los componentes de la seguridad hídrica; 2) organismos custodios de las Naciones Unidas que apoyan los esfuerzos nacionales de monitoreo y presentación de informes relacionados con el agua a nivel mundial, destacando las lagunas de datos y facilitando la mejora en el proceso de presentación de informes; 3) ONG y donantes internacionales, revelando puntos críticos de seguridad del agua que requieren apoyo prioritario; y 4) investigadores y personal técnico preocupados por el diseño, monitoreo e implementación de métricas de seguridad hídrica.
El informe no es una guía para la evaluación de la seguridad hídrica, sobre todo porque la metodología de evaluación seguirá surgiendo y evolucionando con el tiempo.


POPULATION
SECURITY LEVEL
CRITICAL 640.2M
SECURE 1.0B
MODERATE 645.8M
INSECURE 5.6B
PAKISTAN
231.4M
U.S.A.
331.9M
BRAZIL
214.3M
INDIA
1.4B
India's growing population and increasingly unpredictable weather patterns are fast depleting the country's groundwater supply.
The State of Global Water Security
The world's fresh water resources are becoming scarce, leaving millions of people without access to clean, safe drinking water.
CHINA
1.4B
INDONESIA
273.8M
NIGERIA
213.4M
Due to varying climate and economic conditions, while some states in the U.S. boast abundant water supply, certain parts like California face severe water shortages.
In the Asia Pacific region, 4.3B people live in countries considered water insecure.
94% of Africa's population lacks access to safe and reliable water sources.
Water security is scored in ten components, from water availability and resource stability to infrastructure and safety from floods and drought. Source: United Nations University Institute for Water, Environment and Health (UNU INWEH), 2023.
visualcapitalist.com

CODEX ALIMENTARIUS

En la ciudad de Roma, del 28 de junio al 3 de julio de 1999, en su 23° período de sesiones, la **COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS**, desarrolló el **PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS**, que incluye la Circular CL 1998/44-NMW (NORMA GENERAL PARA LAS AGUAS POTABLES EMBOTELLADAS/ENVASADAS - Distintas de las Aguas Minerales Naturales). Lo citamos y exponemos ad scriptum para su mejor entendimiento y comprensión.



comisión del codex alimentarius

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

OFICINA CONJUNTA: Viale delle Terme di Caracalla 00100 ROMA Tel.:57051 Télex: 625825-625853 FAO I Email Codex@fao.org Facsímile:+39(06) 5705.4593

ALINORM 99/20

S

PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS
COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS
23° período de sesiones
Roma, 28 de junio – 3 de julio de 1999

INFORME DE LA SEXTA REUNIÓN DEL COMITÉ DEL CODEX SOBRE AGUAS MINERALES NATURALES
Berna, Suiza
19 – 21 de noviembre de 1998

Nota: El presente documento incluye la Circular CL 1998/44-NMW.

CODEX STAN 227-2001

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente Norma se aplica a las **aguas para beber** distintas de las aguas minerales naturales según se definen en la Norma Revisada del Codex CODEX STAN 108-1981, que se envasan, se embotellan[1] y que son aptas para el consumo humano.

2. DESCRIPCIÓN

2.1 Aguas envasadas

Por "***aguas envasadas***", distintas de las aguas minerales naturales, se entiende las aguas para consumo humano, que pueden contener minerales que se hallan presentes naturalmente o que se agregan intencionalmente; pueden contener dióxido de carbono por encontrarse naturalmente o se agrega intencionalmente, pero no azúcares, edulcorantes, aromatizantes u otras sustancias alimentarias.

2.1.1 Aguas definidas según su origen

Las "***Aguas definidas según su origen***", bien provengan del subsuelo o de la superficie, y que se definen en el ámbito de la presente Norma comparten las características siguientes:

a) provienen de recursos medioambientales específicos sin pasar por un sistema de abastecimiento público de aguas;

b) se han adoptado precauciones dentro de los perímetros de vulnerabilidad para evitar cualquier contaminación de las cualidades químicas, microbiológicas y físicas del agua en su origen así como cualquier influencia externa sobre ellas;

c) condiciones de captación que garanticen la pureza microbiológica original y los elementos esenciales de su composición química en origen;

d) desde el punto de vista microbiológico, son siempre aptas para el consumo humano en su fuente y se mantienen en ese estado con precauciones higiénicas concretas hasta que se envasen de acuerdo con lo dispuesto en las secciones 3 y 4 y durante el envase;

e) no están sujetas a ninguna modificación o tratamiento fuera de los permitidos en la Subsección 3.1.1.

2.1.2 Aguas preparadas

Por "***Aguas preparadas***" se entienden las aguas que no se ajustan a todas las disposiciones establecidas para las aguas definidas según su origen en la subsección 2.1.1. Pueden proceder de cualquier tipo de abastecimiento de agua.

3. FACTORES ESENCIALES DE COMPOSICIÓN Y CALIDAD

3.1 Modificaciones y manipulación de las aguas envasadas

3.1.1 Modificaciones físicoquímicas permitidas y tratamientos antimicrobianos para las aguas definidas según su origen

Las aguas definidas según origen no podrán ser modificadas antes de su envasado o sometidas a tratamientos que no sean los descritos en las subsecciones siguientes con la condición de que tales modificaciones o tratamientos y los procedimientos[2] utilizados para llevarlos a cabo no cambien las características físicoquímicas esenciales ni comprometan la inocuidad bajo los aspectos químico, radiológico y microbiológico, de esas aguas cuando se envasen:

3.1.1.1 **Tratamientos selectivos que modifican la composición original:**

- reducción y/o eliminación de gases disueltos (y posible modificación resultante del pH);
- adición de dióxido de carbono (con la consiguiente modificación del pH) o reincorporación del dióxido de carbono original presente al manar;

[1] Conforme se definen en la *Norma General del Codex para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados:* "alimentos preenvasados que se ofrecen como tales al consumidor o para servicios de comidas para colectividades".

[2] Estos procedimientos comprenden las técnicas que se indican en la sección 4.1 del *Código de Prácticas de Higiene para las Aguas Potables Embotelladas/Envasadas (Distintas de las Aguas Minerales Naturales)* con la condición de que dichas técnicas se ajusten a las disposiciones expuestas en la subsección 3.2.1 del presente Proyecto de Norma.

- reducción y/o eliminación de elementos constitutivos inestables como compuestos de hierro, manganeso, azufre (como S^0 o S^{--}) y carbonato por encima del equilibrio calcocarbonado, en condiciones normales de temperatura y presión;
- adición de aire, oxígeno u ozono a condición de que la concentración de los subproductos resultantes del tratamiento de ozono esté por debajo de la tolerancia establecida en la Subsección 3.2.1;
- reducción y/o aumento de la temperatura;
- reducción y/o separación de elementos que en origen están presentes por encima de las concentraciones máximas o de los niveles máximos de radioactividad fijados según la Subsección 3.2.1.

3.1.1.2 **Tratamientos antimicrobianos para las aguas definidas según su origen**

Podrán utilizarse tratamientos antimicrobianos, individuales o combinados con el fin exclusivo de conservar la aptitud microbiológica original para el consumo humano, la pureza original y la inocuidad de las aguas definidas según su origen.

3.1.2 **Modificaciones físicas y químicas y tratamientos antimicrobianos para las aguas preparadas** Las aguas preparadas podrán someterse a cualquier tipo de tratamiento microbiano u otros tratamientos que modifiquen las características físicas y químicas del agua original a condición de que los mismos den lugar a aguas preparadas que se ajustan a todas las disposiciones de las secciones 3.2 y 4 por lo que respecta a los requisitos de inocuidad química, microbiológica y radiológica de las aguas preenvasadas.

3.2 Calidad química y radiológica de las aguas envasadas

3.2.1 Límites para sustancias químicas y radiológicas en función de la salud

Ninguna agua envasada deberá contener sustancias o emitir radioactividad en cantidades que puedan resultar perjudiciales para la salud. A tal efecto, todas las aguas envasadas deberán ajustarse a los requisitos relacionados con la salud estipulados en la mayoría de las recientes "*Directrices para la calidad del agua potable*" publicadas por la Organización Mundial de la Salud.

3.2.2 Adición de minerales

Cualquier adición de minerales al agua antes de su envasado deberá ajustarse a las disposiciones que se expresan en la presente Norma y, cuando proceda, a las disposiciones de la *Norma General del Codex para los Aditivos Alimentarios* (CODEX STAN 192-1995) y/o de los

Principios Generales del Codex para la Adición de Nutrientes Esenciales a los Alimentos (CAC/GL 9-1987).

4. HIGIENE

4.1 Código de prácticas

Se recomienda que todas las aguas reguladas por las disposiciones de la presente Norma se capten, transporten, almacenen y, en su caso, se traten y envasen de acuerdo con el *Código Internacional Recomendado de Prácticas – Principios Generales de Higiene de los Alimentos* (CAC/RCP 1-1997), y de acuerdo con el *Código de Prácticas de Higiene para las Aguas Potables Embotelladas/Envasadas (Distintas de las Aguas Minerales Naturales)* (CAC/RCP 48-2001).

4.2 Aprobación e inspección de la fuente para las aguas definidas según su origen

La aprobación o inspección iniciales de la fuente de las aguas definidas según su origen deberá basarse en un estudio científico apropiado que se adapte al tipo de recurso (hidrogeología, hidrología, etc.) y que se base en un reconocimiento topográfico de la fuente y de la zona de recarga que habrá de demostrar la inocuidad de la fuente, las instalaciones y operaciones de recogida. La inspección inicial de la fuente deberá confirmarse con carácter regular por el seguimiento periódico de los elementos constitutivos esenciales, la temperatura, el caudal (en el caso de manantiales naturales) y los factores químicos y radiológicos especificados en la subsección 3.2.1 y las normas microbiológicas establecidas de conformidad con la última edición de la "*Directrices para la Calidad del Agua Potable*" publicadas por la Organización Mundial de la Salud. Los resultados de la inspección de la fuente deberán ponerse a disposición del país importador si así lo solicita.

5. REQUISITOS DE ETIQUETADO

Además de la *Norma General del Codex para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados* (CODEX STAN 1-1985), se aplicarán las siguientes disposiciones:

5.1 Nombre del producto

Los países podrán elegir nombres apropiados para los productos, que se especificarán en la legislación nacional, y reflejarán las expectativas del consumidor local que deriven de las prácticas culturales y tradicionales.

Sin embargo, al establecer esos requisitos de etiquetado, habrá de prestarse atención a asegurar que cualquier producto que se ajuste a esta Norma podrá estar representado en una forma que refleje su clasificación dentro de la Norma y que no induzcan a error o engaño al consumidor.

5.1.1 El nombre del producto deberá ser según se indica a continuación, en función de su clasificación de conformidad con la sección 2.1**.**

5.1.1.1 Aguas definidas según su origen

Cualquier nombre o nombres apropiados en el caso de las aguas que cumplan los criterios expuestos en la subsección 2.1.1 y que se ajusten a los criterios adicionales establecidos por cada país, incluida la restricción del nombre de esas aguas a determinados nombres o sólo a uno de ellos. En el caso de mezclas de aguas procedentes de diferentes recursos ambientales, deberá etiquetarse cada recurso.

Sólo las aguas definidas según su origen, de acuerdo con la presente Norma, podrán estar representadas por nombres que se refieran a su origen o que den la impresión de un origen específico.

Los nombres utilizados o elegidos por los países, de conformidad con la presente Norma, para denominar aguas preparadas no podrán aplicarse a aguas definidas según su origen y viceversa. Los criterios adicionales establecidos por los países para la definición de los nombres elegidos no podrán, en su caso, contravenir las disposiciones de la presente Norma.

5.1.1.2 Aguas preparadas

Cualquier nombre o nombres apropiados para designar aguas preparadas según la descripción de la Subsección 2.1.2 y que cumplan los criterios adicionales establecidos por cada país, incluida la restricción del nombre de esa agua a determinados nombres o sólo a uno de ellos.

5.1.2 Aguas carbonatadas

5.1.2.1 En la etiqueta deberán figurar las siguientes declaraciones respectivas de acuerdo con los criterios que se enuncian a continuación:

En el caso de las aguas subterráneas definidas según su origen, "*carbonatadas naturalmente*" o "*gaseosas naturalmente*" si, una vez envasadas, el dióxido de carbono se desprende espontánea y visiblemente en condiciones normales de temperatura y presión y dicho dióxido procede de la fuente en el punto de nacimiento y está presente en la misma concentración que tenía originalmente en el punto de nacimiento, con la posible reincorporación de gas de la misma fuente, teniendo en cuenta una tolerancia técnica de ± 20 %.

En el caso de las aguas subterráneas definidas según su origen, "*enriquecidas con dióxido de carbono*" si, una vez envasadas, el dióxido de carbono se desprende espontánea y visiblemente en condiciones normales de temperatura y presión y dicho dióxido procede de la fuente en el punto de nacimiento pero está presente en una concentración de al menos un 20 % más de la cantidad presente originalmente en el punto de nacimiento, con una reincorporación posible de gas de la misma fuente.

En el caso de todas las demás aguas, "*carbonatadas*" o "*gaseosas*" si, una vez envasadas, el dióxido de carbono se desprende espontánea y visiblemente en condiciones normales de temperatura y presión y el dióxido de carbono no procede en su totalidad de la misma fuente que la del agua en el punto de nacimiento.

5.1.2.2 Las palabras *"no carbonatada"* o *"no gaseosa"* o *"simple"* podrán aplicarse si, después del envasado, no hay salida visible y espontánea de dióxido de carbono en condiciones normales de temperatura y presión cuando se abre el envase.

5.2 Requisitos de etiquetado adicionales

5.2.1 Composición química

Podrá declararse el contenido total de sustancias disueltas de las aguas envasadas en el recuadro principal de presentación. Por lo que respecta a las aguas definidas según su origen, en la etiqueta podrá declararse también la composición química que confiere las características al producto.

5.2.2 Ubicación geográfica

Cuando así lo exijan las autoridades competentes, habrá de declararse en la forma que prescribe la legislación aplicable la ubicación geográfica precisa del recurso ambiental específico y/o la procedencia del agua definida según su origen.

5.2.3 Agua preparada procedente de un sistema público de distribución de agua

Cuando el agua preparada sea suministrada por un sistema público o privado de abastecimiento de agua de grifo y luego se envase/embotelle sin que haya sido sometida a ningún otro tratamiento que modifique su composición original o a la que se haya añadido dióxido de carbono o fluoruro, en la etiqueta deberá figurar la expresión *"De un sistema público o privado de abastecimiento de agua*", junto con el nombre del producto en el recuadro principal de presentación.

5.2.4 Tratamientos

Cuando así lo exijan las autoridades competentes, si un agua envasada/embotellada ha sido modificada por un tratamiento permitido antes de su envasado, en la etiqueta deberá declararse de la forma prescrita en la legislación aplicable, la modificación o el resultado del tratamiento.

5.3 Prohibiciones relativas al etiquetado

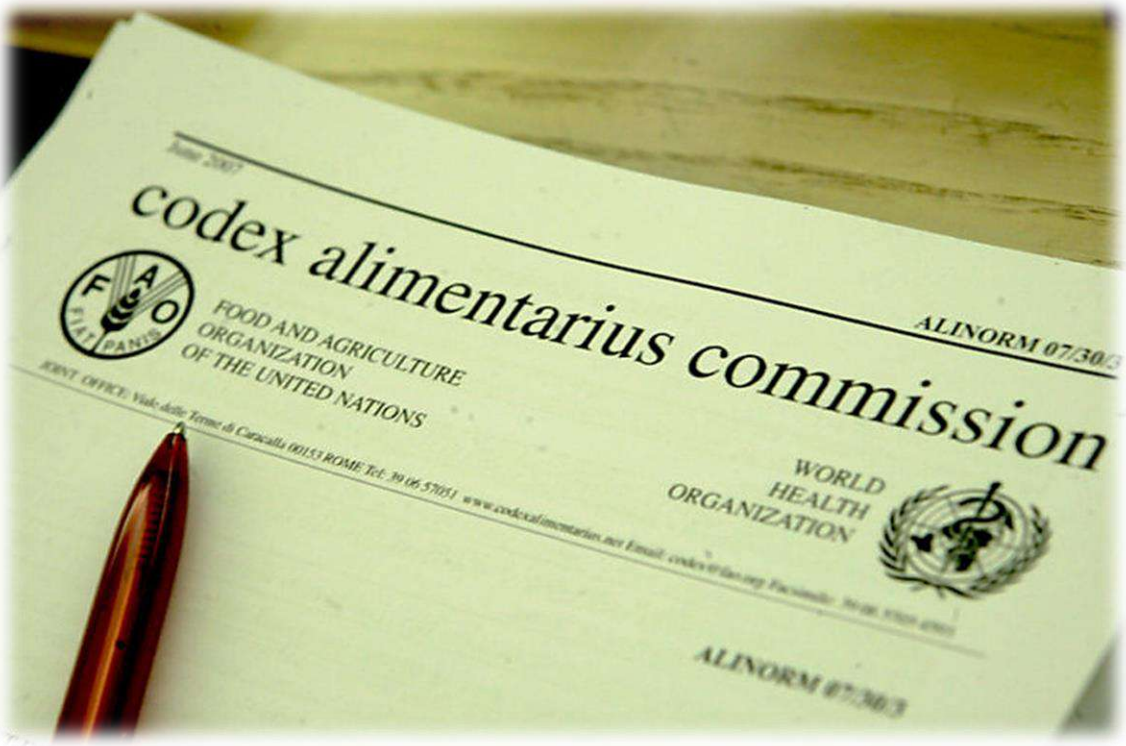
5.3.1 Con respecto a las propiedades del producto regulado por la presente Norma no podrán hacerse declaraciones relativas a los efectos medicinales (preventivos, paliativos o curativos). No podrán hacerse declaraciones de otros efectos beneficiosos en función de la salud del consumidor a menos que sean verdaderos y no induzcan a error o a engaño.

5.3.2 El nombre de la localidad, aldea o lugar específico no podrá formar parte del nombre comercial a no ser que se refiera a un agua definida según su origen captada en el lugar que designe ese nombre comercial.

5.3.3 Queda prohibido el empleo de cualquier declaración o cualquier signo ilustrativo que pueda crear confusión en la mente del público o inducir a error o a engaño sobre la naturaleza, origen, composición y propiedades de las aguas envasadas puestas a la venta.

6. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO

Véase textos relevantes del Codex sobre métodos de análisis y muestreo.



- **NORMATIVA DE LA FDA**

La **Administración de Drogas y Alimentos (FDA) y la Agencia de Protección Medioambiental (EPA)** son las responsables de controlar la seguridad del agua potable en los EEUU. La EPA regula el agua potable de la red pública (agua corriente), mientras que la FDA regula el agua potable envasada. La FDA ha establecido Prácticas Corrientes de Buena Fabricación (CGMP, por sus siglas en inglés) específicamente para el agua envasada. Dichas prácticas exigen que los productores de agua en botellas:

- Procesen, envasen, mantengan y transporten el agua en condiciones sanitarias;
- Protejan las fuentes de obtención de agua contra bacterias, productos químicos y otros agentes contaminantes;
- Cumplan procesos de control de calidad para garantizar la seguridad bacteriológica y química del agua;
- Tomen muestras y sometan a pruebas tanto el agua en sus fuentes de obtención como el producto final, para detectar contaminantes.

La FDA vigila e inspecciona las plantas de procesamiento de agua envasada y los productos finales, siguiendo su programa de seguridad alimentaria. Cuando la FDA hace una inspección a las plantas, la agencia verifica que el agua producida en la planta y también el abastecimiento de agua para operaciones se obtengan de una fuente aprobada; controla los procedimientos de limpieza y desinfección; vigila las operaciones de envase; y determina si las empresas analizan el agua en sus fuentes de obtención y el agua como producto final para detectar agentes contaminantes. Los estadounidenses gustan del agua envasada. Según la Asociación Internacional de la Industria de Agua Embotellada, en 2005 el agua en botella era la segunda bebida más popular en los EE. UU., con un consumo de más de 7,5 millones de galones entre los estadounidenses, es decir, un promedio de 26 galones por persona (1 galón = 4 a 4,5 lts). En la actualidad, solamente las bebidas carbonatadas sin alcohol se venden más que el agua embotellada.

Definición de "Agua Envasada": De conformidad con las reglas de etiquetado exigidas por la FDA, en la definición de agua envasada se incluyen los productos con las siguientes etiquetas:

- Agua embotellada
- Agua para beber
- Agua artesiana
- Agua mineral
- Agua con gas embotellada
- Agua de manantial
- Agua purificada, destilada, sin minerales, sin iones, por ósmosis inversa

El agua con efervescencia agregada, la soda (o agua mineral con gas), el agua tónica y el agua "Seltzer", siempre han sido reguladas por la FDA como bebidas sin alcohol.
Agua Saborizada y Agua con Nutrientes Agregados: En tiendas y en menús de restaurantes han comenzado a aparecer nuevos tipos de aguas saborizadas y/o con nutrientes agregados.

En algunos casos se trata simplemente de agua con saborizantes; en otros, el agua puede contener además nutrientes tales como vitaminas, electrolitos como sodio y potasio, y aminoácidos. Los ingredientes de estas aguas saborizadas y con nutrientes agregados deben cumplir los requisitos para el agua embotellada, si el término “agua” aparece en la etiqueta; por ejemplo, en un producto que se llame Agua de manantial con sabor a bayas. Además, los saborizantes y nutrientes agregados de estas bebidas deben cumplir todos los requisitos correspondientes de la FDA sobre seguridad y estar identificados en la lista de ingredientes de la etiqueta.

La Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) regula los productos de agua embotellada, esforzándose por garantizar que sean seguros para beber. La FDA protege a los consumidores de agua embotellada a través de la Ley federal de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos (ley FD&C, por sus siglas en inglés), que hace a los fabricantes responsables de producir productos alimenticios seguros, sanos y etiquetados verazmente. Hay reglamentaciones que se centran específicamente en el agua embotellada, como:

- la “norma de identidad”, que define diferentes tipos de agua embotellada.
- la “norma de calidad”, que establece los niveles máximos de contaminantes (incluyendo los químicos, físicos, microbianos y radiológicos) permitidos en el agua embotellada.
- las “las buenas prácticas de fabricación actuales” (CGMP, como también se les conoce en inglés), que exigen que el agua embotellada sea inocua y producida en condiciones sanitarias.

Tipos de agua embotellada: La FDA describe el agua embotellada como agua apta para el consumo humano y sellada en botellas u otros recipientes sin ingredientes añadidos, excepto que puede contener agentes antimicrobianos seguros y adecuados. También se puede agregar fluoruro dentro de los límites establecidos por la FDA. La FDA clasifica algunos productos de agua embotellada por su origen. Éstas son cuatro de esas clasificaciones:

1. Agua de un manantial artesiano: Esta agua se recolecta de un manantial que deriva de un acuífero (capas de roca porosa, arena y tierra que contienen agua) que se encuentra bajo la presión de las capas circundantes de roca o arcilla.

Al extraerse, la presión en el acuífero, comúnmente llamada presión artesiana, empuja el agua por encima del nivel del acuífero, a veces hasta la superficie. Se pueden utilizar otros medios para facilitar que el agua ascienda a la superficie.

2. Agua mineral: Este agua proviene de una fuente subterránea y contiene por lo menos 250 partes por millón de sólidos totales disueltos. Los minerales y oligoelementos deben provenir de la fuente de agua subterránea; no pueden haberse añadido después.
3. Agua de manantial: Derivada de una formación subterránea desde la cual el fluye de manera natural hacia la superficie, esta agua debe recolectarse exclusivamente en el manantial o a través de un pozo de perforación que derive de la formación subterránea que alimenta el manantial. Si se usa alguna fuerza externa para recolectarla a través de un pozo de perforación, el agua debe tener la misma composición y calidad que la que fluye naturalmente hacia la superficie.
4. Agua de pozo: Ésta es agua de un agujero perforado en el suelo, que deriva de un acuífero.

El agua embotellada puede usarse como un ingrediente de bebidas tales como jugos diluidos o aguas de sabores embotelladas. Sin embargo, las bebidas cuya etiqueta indica que contienen “agua carbonatada”, “agua con gas”, “agua de Seltz”, “agua tónica”, “soda” o “club soda” no están incluidas como agua embotellada, acorde al reglamento de la FDA. En cambio, estas bebidas se consideran refrescos. Parte del agua embotellada también proviene de fuentes municipales; en otras palabras, agua potable pública o agua del grifo. El agua municipal generalmente se trata antes de ser embotellada. Algunos ejemplos de tratamientos de agua incluyen:

- Destilación: El agua se convierte en vapor, dejando atrás los minerales. El vapor se condensa en la forma de agua nuevamente.
- Ósmosis inversa: El paso del agua se fuerza a través de membranas para eliminar los minerales.
- Filtración absoluta de 1 micra: El agua fluye a través de filtros que eliminan las partículas con un tamaño mayor de una micra (0.001 milímetros). Estas partículas incluyen el Cryptosporidium spp, un patógeno parasitario que puede causar enfermedades gastrointestinales.
- Ozonización: Las embotelladoras de todos los tipos de agua generalmente usan gas ozono, un agente antimicrobiano, en lugar de cloro para desinfectar el agua (el cloro puede añadir un sabor y olor residuales al agua).

El agua embotellada que ha sido tratada por destilación, ósmosis inversa u otro proceso apropiado puede cumplir con las normas que le permiten ser etiquetada como “agua purificada”. Las normas federales de calidad para el agua embotellada se adoptaron por primera vez en 1973, fundados en las normas del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos para el agua potable establecidos en 1962. La ley de Agua Potable Segura de 1974 le encomendó la supervisión reglamentaria del servicio público de agua potable (del agua de la llave) a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés). La FDA asumió posteriormente la responsabilidad, al amparo de la Ley FD&C, de asegurarse de que las normas de calidad para el agua embotellada sean compatibles con las normas de la EPA para el agua potable.

Cada vez que la EPA establece una norma para un contaminante, la FDA la adopta o determina que no es necesaria para el agua embotellada. En algunos casos, las normas para el agua embotellada y para el agua potable difieren. Por ejemplo, como el plomo puede filtrarse al agua desde las tuberías conforme viaja desde el servicio público de abasto de agua hasta los grifos de la casa, la EPA ha fijado el límite para el contenido de plomo en el agua potable en 15 partes por cada mil millones (ppmm). Para el agua embotellada, para la cual no se utilizan tuberías de plomo, el límite se establece en 5 ppmm.

Para la producción de agua embotellada, las embotelladoras deben cumplir con el reglamento de las CGMP que establece específicamente el procesamiento y embotellamiento del agua para beber, y puesto en vigor por la FDA. Deben tomarse muestras del agua, analizarlas y determinarse que es inocua y salubre. Este reglamento también exige un diseño de planta y equipo, contabilidad y procedimientos de embotellado adecuados. Además, los procesadores de agua embotellada generalmente deben registrarse con la FDA como instalaciones de alimentos. Las instalaciones nacionales y extranjeras que deben registrarse como instalaciones de alimentos que deben cumplir con los requisitos de controles preventivos basados en el riesgo exigidos por la Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos (FSMA, por sus siglas en inglés) de la FDA, así como con las Buenas Prácticas Actuales de Manufactura (CGMP) modernizadas de esta reglamento que cubre todas las instalaciones de alimentos para consumo humano (a menos que se aplique una exención

Además, la FDA supervisa las inspecciones de las plantas embotelladoras. La agencia inspecciona las plantas de agua embotellada al amparo de su programa general de inocuidad alimentaria y hace que los estados realicen algunas de las inspecciones por contrato (algunos estados también exigen la acreditación anual de las empresas embotelladoras).

La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) propone revisar ciertos requisitos que afectan al agua de uso agrícola usada antes de la cosecha (precosecha) para los productos agrícolas frescos cubiertos (aparte de las semillas germinadas) en la Subparte E de la **Norma de la Inocuidad de Productos Agrícolas Frescos de la Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos (FSMA, por sus siglas en inglés)**. Esta propuesta, si se concreta, reemplazaría los criterios de calidad microbiológica de precosecha y los requisitos de las pruebas de dichos productos agrícolas frescos en la norma de la inocuidad de productos agrícolas frescos con requisitos en sistemas basados en las evaluaciones de agua de uso agrícola de precosecha que las huertas cubiertas usarían para identificar peligros y con fines de toma de decisiones en relación con gestión de riesgos. Como parte de la evaluación, las huertas estarían obligadas a evaluar los siguientes factores para identificar las condiciones que podrían razonablemente introducir peligros conocidos o razonablemente previsibles a los productos agrícolas frescos o a las superficies de contacto con los alimentos:

Factores	**Descripción**
Sistema(s) de agua de uso agrícola	• La ubicación y la naturaleza de la fuente de agua (incluso si se trata de agua subterránea o superficial) • El tipo de sistema de distribución de agua (por ejemplo, si está expuesta o no expuesta al ambiente) • El grado al cual el sistema está protegido de posibles fuentes de contaminación, incluidas: ○ Otros usuarios del sistema de agua. ○ Impactos con animales (como animales de pastoreo, animales de trabajo e intrusión de animales). ○ Usos de tierras adyacentes y cercanas relacionados con la actividad de animales, la aplicación de enmiendas biológicas para suelo agrícola de origen animal (BSAAO, por sus siglas en inglés) o la presencia de desechos humanos no tratados o tratados inadecuadamente.
Prácticas del agua de uso agrícola	• El tipo del método de aplicación (como riego por aspersión o rocío, o riego por goteo, surcos, inundación y filtración). • El intervalo de tiempo entre la última aplicación directa de agua de uso agrícola y la cosecha de los productos agrícolas frescos cubiertos (aparte de las semillas germinadas).Características del cultivo
Características del cultivo	• La susceptibilidad de los productos agrícolas frescos cubiertos a la adhesión de la superficie o la internalización de peligros. Condiciones ambientales
Características del cultivo	• La frecuencia de condiciones de lluvias abundantes o clima extremo que pueden impactar el sistema de agua de uso agrícola, como la mezcla de sedimentos que pueden contener patógenos humanos o que pueden impactar o dañar los productos agrícolas frescos. El daño puede aumentar la susceptibilidad de los productos agrícolas frescos a la contaminación. • Temperaturas del aire • Exposición al sol (rayos UV)
Otros factores relevantes	• Incluso, si corresponde, los resultados de pruebas que podrían informar la evaluación.

Las huertas cubiertas utilizarían los resultados de la evaluación del agua de uso agrícola de precosecha para hacer determinaciones escritas acerca de qué medidas correctivas o de mitigación se necesitan para reducir el potencial de contaminación de los productos agrícolas frescos o las superficies de contacto con los alimentos como consecuencia de los peligros asociados con el agua de uso agrícola de precosecha. La siguiente tabla resume los requisitos propuestos para las medidas adoptadas luego de las determinaciones de la evaluación del agua de uso agrícola:

Si determina	**Entonces debe**
• que el agua de uso agrícola no es inocua o no tiene la calidad sanitaria adecuada para el(los) uso(s) previsto(s)	• Descontinúe su uso inmediatamente • Tomar medidas correctivas antes de reanudar el uso del agua para actividades antes de la cosecha
• existen uno o más peligros conocidos o razonablemente previsibles relacionados con la actividad de animales, los BSAAO o desechos humanos no tratados o tratados inadecuadamente para los que la mitigación es razonablemente necesaria	• Implementar medidas de mitigación inmediatamente y, a más tardar, en la misma temporada de cultivo,
• existen uno o más peligros conocidos o razonablemente previsibles no relacionados con la actividad de animales, los BSAAO o desechos humanos no tratados o tratados inadecuadamente para los que la mitigación es razonablemente necesaria	• Implementar medidas de mitigación tan pronto como sea posible y, a más tardar, el siguiente año • Analizar el agua como parte de la evaluación e implementar medidas, según sea necesario, con base en los resultados de la evaluación
• que no existen peligros conocidos o razonablemente previsibles para los que la mitigación es razonablemente necesaria	• Inspeccionar y mantener adecuadamente y con regularidad el(los) sistema(s) de agua al menos una vez al año

Medidas correctivas: Si una huerta cubierta determina que su agua de uso agrícola de precosecha no es inocua o no tiene la calidad sanitaria adecuada para su(s) uso(s) previsto(s), sería necesario discontinuar tal uso inmediatamente. Las medidas correctivas que se pueden tomar en una huerta para reanudar dicho uso incluyen:

- Volver a inspeccionar todo el sistema de agua de uso agrícola afectado bajo el control de la huerta, entre otros pasos, haciendo los cambios necesarios;
- Tratamiento del agua de acuerdo con los estándares descritos en la norma de la inocuidad de productos agrícolas frescos.

Medidas de mitigación: Si en una huerta cubierta determina que las medidas de mitigación son necesarias para reducir el potencial de contaminación de los productos agrícolas frescos o las superficies de contacto con los alimentos como consecuencia de los peligros asociados con su agua de uso agrícola de precosecha, habría varias opciones de las cuales elegir, incluso:

- Hacer cambios necesarios como reparaciones;
- Aumentar el intervalo de tiempo entre la última aplicación directa de agua de uso agrícola y la cosecha de los productos agrícolas frescos cubiertos a un mínimo de 4 días (excepto cuando los resultados del análisis u otra información científicamente válida indiquen lo contrario) para permitir la reducción del microorganismo;
- Aumentar el intervalo de tiempo entre la cosecha y el final del período de almacenamiento, para dar tiempo para que ocurra la reducción del microorganismo.
    - Las huertas cubiertas también podrían considerar realizar otras actividades, como el lavado comercial para reducir los patógenos usando tasas apropiadas de reducción de microorganismos;
- Cambiar el método de aplicación del agua para reducir la probabilidad de la contaminación de productos agrícolas frescos (como el cambio de riego por aspersión a riego por goteo para ciertos cultivos);
- Tratamiento del agua de acuerdo con los estándares descritos en la norma de la inocuidad de productos agrícolas frescos; o
- Tomar medidas de mitigación alternativas respaldadas por datos científicos e información.

Reevaluación: Una huerta cubierta requeriría llevar a cabo una reevaluación cada año cuando la huerta aplica agua de uso agrícola de precosecha a productos agrícolas frescos cubiertos (aparte de semillas germinadas) y en cualquier momento que haya un cambio significativo en sus sistemas de agua de uso agrícola, prácticas de agua de uso agrícola, características del cultivo, condiciones ambientales u otros factores relevantes que hacen que sea probablemente razonable que se introducirían peligros a productos agrícolas frescos o las superficies de contacto con los alimentos a través de la aplicación directa de agua de uso agrícola de precosecha . Por ejemplo, un cambio de una fuente de agua subterránea no tratada a una fuente de agua superficial no tratada sería un cambio significativo que requeriría una reevaluación. La reevaluación evaluaría los impactos de esos cambios en los factores analizados antes, cualquier nuevo peligro identificado y la determinación escrita de qué medidas correctivas o de mitigación se necesitan para reducir el potencial de contaminación de los productos agrícolas frescos o las superficies de contacto con los alimentos.

Registros: Las huertas cubiertas requerirían mantener registros escritos de las evaluaciones del agua de uso agrícola de precosecha, incluidas descripciones de los factores evaluados y sus determinaciones escritas. Las huertas que analizan su agua de uso agrícola de precosecha como parte de sus evaluaciones requerirían mantener cierta documentación relacionada con sus procedimientos de muestreo y análisis. Además, los supervisores estarían requeridos a revisar las evaluaciones escritas del agua de uso agrícola de precosecha y las determinaciones hechas con base en los resultados de las evaluaciones.

Exenciones: Las huertas cubiertas estarían exentas de llevar a cabo una evaluación del agua de uso agrícola de precosecha si pueden demostrar que su agua de uso agrícola de precosecha para productos agrícolas frescos cubiertos (aparte de las semillas germinadas):

- cumple con ciertos requisitos que aplican para el agua de uso agrícola usada en la cosecha y después de la cosecha (como el criterio de calidad microbiana y los requisitos de análisis para agua subterránea no tratada);
- se recibe de un sistema o suministro público de agua que cumple con los requisitos establecidos en la norma (siempre que la huerta tenga resultados del sistema público de agua o certificados de cumplimiento que demuestren que el agua cumple con los requisitos relevantes); o
- es tratada de acuerdo con los estándares descritos en la norma de la inocuidad de productos agrícolas frescos.

- **NORMATIVA DE LA UE**

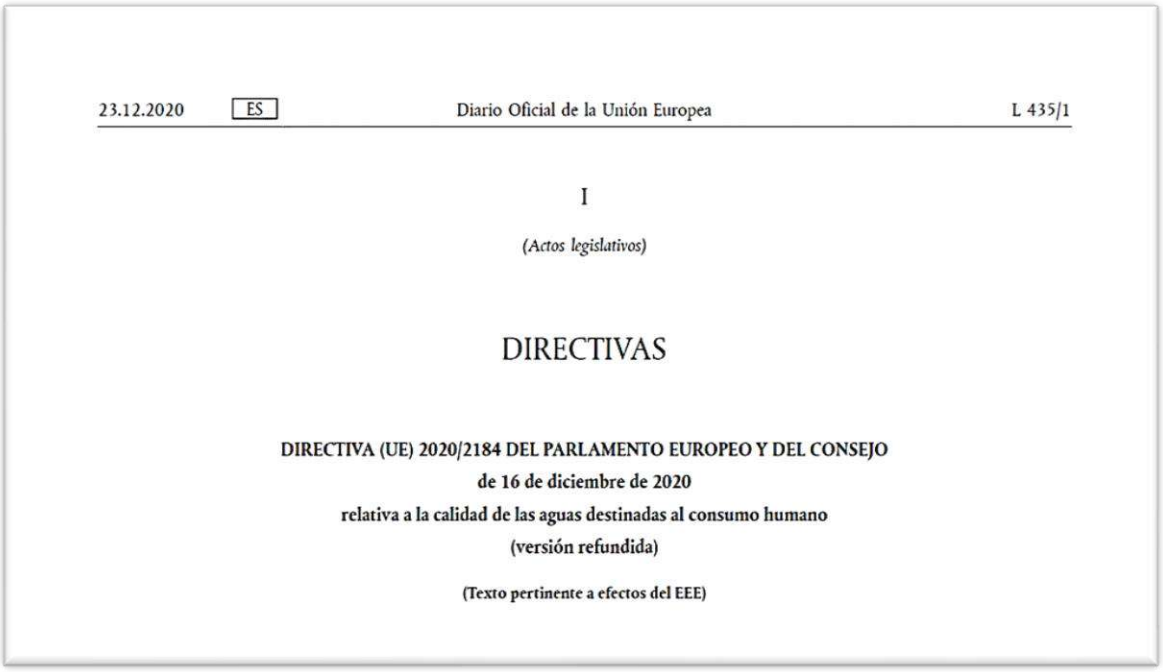
Con fecha 16 de diciembre de 2020 se sanciona la **Directiva (UE) 2020/2184 del Parlamento Europeo y del Consejo de la UE**, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. Por razones de espacio, se incluirá en la bibliografía general, pero se expondrán los principales artículos y considerandos de la misma.

EL PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea, y en particular su artículo 192, apartado 1, vista la propuesta de la Comisión Europea, Previa transmisión del proyecto de acto legislativo a los Parlamentos nacionales, visto el dictamen del Comité Económico y Social Europeo, visto el dictamen del Comité de las Regiones, de conformidad con el procedimiento legislativo ordinario y considerando lo siguiente:

(1) La Directiva 98/83/CE del Consejo (4) ha sido modificada en varias ocasiones y de forma sustancial (5). Dado que deben hacerse nuevas modificaciones y en aras de la claridad, conviene proceder a la refundición de dicha Directiva.

(2) La Directiva 98/83/CE establece el marco legal para proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas destinadas al consumo humano garantizando su salubridad y limpieza. La presente Directiva debe perseguir el mismo objetivo y mejorar el acceso a dichas aguas para todos en la Unión. A tal efecto, se hace necesario el establecimiento a escala de la Unión de los requisitos mínimos que deben cumplir las aguas destinadas a ese fin. Los Estados miembros deben adoptar las medidas necesarias para garantizar que las aguas destinadas al consumo humano no contienen ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración, que, en determinados casos, suponen un peligro potencial para la salud humana, así como para garantizar que esas aguas cumplan tales requisitos mínimos.



23.12.2020 ES Diario Oficial de la Unión Europea L 435/1

I

(Actos legislativos)

DIRECTIVAS

DIRECTIVA (UE) 2020/2184 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO
de 16 de diciembre de 2020
relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano
(versión refundida)

(Texto pertinente a efectos del EEE)

(3) Es necesario excluir del ámbito de aplicación de la presente Directiva las aguas minerales naturales y las aguas que tengan la consideración de medicamento, pues esos tipos de agua ya están regulados, respectivamente, por las Directivas 2009/54/CE (6) y 2001/83/CE (7) del Parlamento Europeo y del Consejo. No obstante, la Directiva 2009/54/CE comprende tanto las aguas minerales naturales como las aguas de manantial, y únicamente la primera categoría debe quedar excluida del ámbito de aplicación de la presente Directiva. De conformidad con el artículo 9, apartado 4, párrafo tercero, de la Directiva 2009/54/CE, las aguas de manantial deben ajustarse a lo dispuesto en la presente Directiva y, por lo que respecta a los requisitos microbiológicos, las aguas de manantial deben cumplir lo dispuesto en la Directiva 2009/54/CE. En el caso de las aguas destinadas al consumo humano que se envasen en botellas u otros recipientes para su venta o para su uso en la fabricación, preparación o tratamiento de alimentos, ese tipo de agua debe, por principio, seguir cumpliendo lo dispuesto en la presente Directiva hasta el punto de cumplimiento, esto es, el grifo, y a partir de ese punto debe tener la consideración de alimento si está destinada a ser ingerida por los seres humanos o con probabilidad razonable de serlo, de conformidad con el Reglamento (CE) N° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo (8).

Asimismo, los explotadores de empresas alimentarias que dispongan de su propia fuente de agua y la utilicen para los fines específicos de su actividad empresarial deben poder quedar exentos de lo dispuesto en la presente Directiva, siempre que cumplan las obligaciones correspondientes, en particular en lo que se refiere a los principios de análisis de peligros y puntos de control crítico y medidas correctivas en virtud de la legislación aplicable de la Unión en materia de alimentos. Los explotadores de empresas alimentarias que disponen de su propia fuente de agua y actúan como suministradores de agua deben cumplir lo dispuesto en la presente Directiva de la misma manera que cualquier otro suministrador de agua.

(4) Una vez concluida la Iniciativa Ciudadana Europea sobre el derecho al agua (en lo sucesivo, Iniciativa «Right2Water»), la Comisión inició una consulta pública a escala de la Unión y efectuó una evaluación de la Directiva 98/83/CE desde el punto de vista de la adecuación y eficacia de la reglamentación (REFIT). Se hizo evidente en este ejercicio la necesidad de actualizar determinadas disposiciones de dicha Directiva. Se identificaron cuatro ámbitos que presentaban un margen de mejora, a saber, la lista de valores paramétricos basados en la calidad, la escasa aplicación del método basado en factores de riesgo, la imprecisión de las disposiciones sobre información a los consumidores y las disparidades entre los sistemas de homologación de los materiales que entran en contacto con las aguas destinadas al consumo humano y las consecuencias que dichas disparidades tienen en la salud humana. Además, en la Iniciativa «Right2Water» se identificó como un claro problema el hecho de que parte de la población, en particular los grupos marginados, carezca de acceso a agua destinada al consumo humano, y proporcionar dicho acceso constituye un compromiso en virtud del objetivo de desarrollo sostenible (ODS) n.o 6 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Una última cuestión identificada es la falta generalizada de concienciación sobre las fugas de agua, que son el resultado de una inversión insuficiente en el mantenimiento y la renovación de las infraestructuras hídricas, tal y como se señaló también en el Informe Especial n.o 12/2017 del Tribunal de Cuentas Europeo, de 5 de julio de 2017, «Aplicación de la Directiva sobre el agua potable: la calidad del agua y el acceso a ella mejoran en Bulgaria, Hungría y Rumanía, pero las necesidades de inversión siguen siendo considerables».

(5) En 2017, la Oficina Regional para Europa de la Organización Mundial de la Salud (OMS) realizó una revisión pormenorizada de la lista de parámetros y valores paramétricos establecida en la Directiva 98/83/CE con el objetivo de determinar si es necesario adaptarla habida cuenta de los avances técnicos y científicos. De los resultados de la revisión se extrae que deben controlarse los patógenos intestinales y las bacterias del género Legionella y añadirse seis parámetros químicos o grupos de parámetros. Con respecto a cuatro de los seis nuevos parámetros o grupos de parámetros, sobre la base de otros dictámenes científicos recientes y del principio de cautela, se han de fijar unos valores paramétricos más estrictos, aunque viables, que los propuestos por la OMS. En el caso del cromo, el valor aún está siendo examinado por la OMS y, por consiguiente, ha de establecerse un período transitorio de quince años antes de que el valor pase a ser más estricto. Asimismo, la OMS recomendó que tres compuestos representativos con propiedades de alteración endocrina puedan considerarse como referencias (con valores de 0,1 µg/l para el bisfenol A, de 0,3 µg/l para el nonilfenol y de 1 ng/l para el β-estradiol) para evaluar la presencia de compuestos con propiedades de alteración endocrina y la eficacia del tratamiento cuando sea necesario.

Sin embargo, a partir de un dictamen de 2015 de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), se decidió que uno de esos tres compuestos, el bisfenol A, debía añadirse a la presente Directiva con un valor paramétrico basado en la salud de 2,5 µg/l. Además, el nonilfenol y el β-estradiol deben añadirse a la lista de observación que debe elaborar la Comisión de conformidad con la presente Directiva.

(6) En el caso del plomo, la OMS recomendó mantener el valor paramétrico actual, pero señaló que las concentraciones de esta sustancia deben ser tan bajas como sea razonablemente posible. Por lo tanto, debería poder mantenerse el valor actual de 10 µg/l durante 15 años tras la fecha de entrada en vigor de la presente Directiva. Como máximo al término de dicho período de transición, el valor paramétrico para el plomo debe ser de 5 µg/l. Además, puesto que las tuberías de plomo existentes en casas y edificios constituyen un problema persistente y los Estados miembros no siempre cuentan con la autoridad necesaria para imponer su sustitución, el valor de 5 µg/l debe seguir siendo indicativo por lo que respecta a las obligaciones relativas a los sistemas de distribución domiciliaria. No obstante, para que todos los materiales nuevos que entren en contacto con el agua destinada al consumo humano, independientemente de si se utilizan en los sistemas de suministro o de distribución domiciliaria, estén autorizados de conformidad con la presente Directiva, el valor de 5 µg/l debe aplicarse en el grifo.

(7) A fin de atender a la creciente preocupación pública por los efectos en la salud humana de compuestos emergentes, como los compuestos con propiedades de alteración endocrina, los productos farmacéuticos y los microplásticos, por el uso de agua destinada al consumo humano, y de examinar los nuevos compuestos emergentes en la cadena de suministro, debe introducirse en la presente Directiva un mecanismo de lista de observación. Dicho mecanismo va a permitir responder a las crecientes preocupaciones de manera dinámica y flexible. También va a permitir realizar un seguimiento de los nuevos conocimientos sobre la relevancia para la salud humana de esos compuestos emergentes, así como de los nuevos conocimientos sobre los planteamientos y las metodologías de seguimiento más adecuados. Este mecanismo de la lista de observación para las aguas destinadas al consumo humano forma parte de la respuesta a varias políticas de la Unión pertinentes, tal como se expone en la Comunicación de la Comisión de 11 de marzo de 2019, «Enfoque estratégico de la Unión Europea en materia de productos farmacéuticos en el medio ambiente», la Comunicación de la Comisión de 7 de noviembre de 2018, «Hacia un marco de la Unión Europea más exhaustivo en materia de alteradores endocrinos», y las Conclusiones del Consejo de 26 de junio de 2019, «Hacia una Estrategia para una política sostenible en materia de productos químicos de la Unión».

(8) Asimismo, la OMS recomendó unos valores menos estrictos para tres parámetros y la supresión de cinco parámetros de la lista de parámetros y valores paramétricos establecida en la Directiva 98/83/CE. Sin embargo, no todos esos cambios se consideran necesarios debido a que el método basado en factores de riesgo introducido en virtud de la Directiva (UE) 2015/1787 de la Comisión (9) autoriza a los suministradores de agua a eliminar un parámetro de la lista de parámetros que deben ser objeto de control en determinadas condiciones. Las técnicas de tratamiento para cumplir esos valores paramétricos ya están disponibles.

(9) Los valores paramétricos que dispone la presente Directiva se basan en los conocimientos científicos disponibles y en el principio de cautela y se seleccionan para que las aguas destinadas al consumo humano puedan consumirse con seguridad durante toda la vida, garantizando, por tanto, un alto nivel de protección de la salud.

(10) Debe lograrse un equilibrio con el fin de prevenir los riesgos microbiológicos y químicos, y, para ello, a la luz de una futura revisión de los valores paramétricos, la fijación de valores paramétricos aplicables a las aguas destinadas al consumo humano debe estar basada en motivos de salud pública y en un método de evaluación de riesgos.

(11) Los parámetros indicadores no tienen una incidencia directa en la salud pública. No obstante, resultan importantes a la hora de determinar el funcionamiento de las instalaciones de producción y distribución de agua destinada al consumo humano y de evaluar la calidad de esta. Dichos parámetros pueden ayudar a detectar las deficiencias en el tratamiento del agua y desempeñan un papel importante a la hora de aumentar y conservar la confianza de los consumidores en la calidad del agua. Por lo tanto, los Estados miembros deben asegurarse de que se controlen dichos parámetros.

(12) En los casos en que sea necesario para proteger la salud humana en sus territorios respectivos, debe exigirse a los Estados miembros que fijen valores para parámetros adicionales a los incluidos en el anexo I, basados en el principio de cautela.

(13) La seguridad de las aguas destinadas al consumo humano no solo implica la ausencia de sustancias y microorganismos nocivos, sino también la presencia de una cantidad determinada de minerales naturales y elementos esenciales, teniendo en cuenta que el consumo a largo plazo de agua desmineralizada o de agua muy pobre en elementos esenciales como el calcio y el magnesio puede poner en peligro la salud humana. También es esencial que el agua contenga una cantidad determinada de dichos minerales para que el agua destinada al consumo humano no sea ni agresiva ni corrosiva y para mejorar su sabor. Las concentraciones mínimas de dichos minerales en agua desmineralizada o sometida a tratamientos de ablandamiento pueden determinarse con arreglo a las condiciones locales.

(14) La planificación de la seguridad preventiva y los elementos basados en factores de riesgo no se contemplaban sino de forma limitada en la Directiva 98/83/CE. Los primeros elementos de un método basado en factores de riesgo se introdujeron en 2015 en la Directiva (UE) 2015/1787 a fin de autorizar a los Estados miembros a establecer excepciones a sus programas de control, siempre y cuando se realicen evaluaciones de riesgos verosímiles, que pueden basarse en las Guías para la calidad del agua potable de la OMS (en lo sucesivo, «guías de la OMS»). Las guías de la OMS, en las que se introduce el denominado enfoque de «planes de seguridad del agua», también para pequeñas comunidades, junto con la norma EN 15975-2 sobre la seguridad en el suministro de agua potable, son principios internacionalmente reconocidos en los que se basan la producción y distribución del agua destinada al consumo humano, y el control y análisis de los parámetros relativos a esta. Esos primeros elementos de un método basado en factores de riesgo deben mantenerse en la presente Directiva.

(15) A fin de garantizar que los elementos de un método basado en factores de riesgo, que introdujo la Directiva (UE) 2015/1787, no se limiten a aspectos relacionados con el control, destinar tiempo y recursos a los riesgos relevantes y a medidas en origen que sean eficaces en relación con los costes, y evitar que se dediquen análisis y esfuerzos a cuestiones no relevantes, conviene introducir en materia de seguridad del agua un método basado en factores de riesgo que sea completo, que cubra toda la cadena de suministro, desde la zona de captación, extracción, tratamiento, almacenamiento y distribución hasta el punto de cumplimiento. Tal método debe basarse en los conocimientos adquiridos y en las acciones desarrolladas en el marco de la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (10) y debe tener en cuenta de forma más efectiva el impacto del cambio climático en los recursos hídricos. Este método basado en factores de riesgo debe constar de tres componentes. En primer lugar, una determinación de los peligros ligados a las zonas de captación de los puntos de extracción («evaluación y gestión de riesgos de las zonas de captación de los puntos de extracción del agua destinada al consumo humano»), en consonancia con las guías de la OMS y su Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. En segundo lugar, la posibilidad para el suministrador de agua de adaptar el control a los riesgos principales y adoptar las medidas necesarias para gestionar los riesgos detectados en la cadena de suministro y derivados de la extracción, el tratamiento, el almacenamiento y la distribución del agua («evaluación y gestión de riesgos para el sistema de suministro»). En tercer lugar, una evaluación de los riesgos potenciales que puedan derivarse de los sistemas de distribución domiciliaria, por ejemplo, la presencia de Legionella o de plomo («evaluación de riesgos de los sistemas de distribución domiciliaria»), haciendo especial hincapié en locales prioritarios. Las evaluaciones deben revisarse periódicamente en respuesta, entre otras causas, a amenazas relacionadas con condiciones climáticas extremas, cambios conocidos de la actividad humana en la zona de extracción o incidentes relacionados con la fuente. El método basado en factores de riesgo debe garantizar un intercambio continuo de información entre las autoridades competentes y los suministradores de agua.

(16) A fin de reducir la posible carga administrativa para los suministradores de agua que suministren de media entre 10 m3 y 100 m3 al día o que abastezcan a entre 50 y 500 personas, los Estados miembros deben tener la posibilidad de eximir a dichos suministradores de realizar una evaluación de riesgos del sistema de suministro, siempre y cuando se realice un control periódico de conformidad con la presente Directiva. Excepcionalmente, la aplicación del método basado en factores de riesgo debe adaptarse a las limitaciones específicas de los buques marítimos que desalinizan agua y transportan pasajeros. Los buques marítimos que enarbolan pabellón de la Unión se rigen por el marco normativo internacional cuando navegan por aguas internacionales. Debe garantizarse que se dé prioridad a la normativa internacional vigente o a las normas reconocidas internacionalmente, por ejemplo, el programa de saneamiento de buques desarrollado por el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos, que sean más detalladas y más estrictas y se apliquen a los buques que navegan en aguas internacionales.

(17) La evaluación y gestión de riesgos de las zonas de captación de los puntos de extracción ha de adoptar una visión global y estar orientada a reducir el nivel de tratamiento necesario para producir agua destinada al consumo humano, por ejemplo, mediante la reducción de las presiones que causan la contaminación o un riesgo de contaminación de las masas de agua de las que se extrae agua destinada al consumo humano.

A tal efecto, los Estados miembros deben caracterizar las zonas de captación de los puntos de extracción y detectar los peligros y eventos peligrosos que podrían causar el deterioro de la calidad del agua, por ejemplo, las posibles fuentes de contaminación ligadas a estas zonas de captación. Cuando sea necesario en el marco de la detección de peligros, los Estados miembros deben hacer un seguimiento de determinados contaminantes que consideren pertinentes, tales como nitratos, plaguicidas o medicamentos contemplados en la Directiva 2000/60/CE, o debido a su presencia natural en la zona de extracción, como en el caso del arsénico, o debido a información facilitada por los suministradores de agua, por ejemplo, respecto de un aumento repentino en la concentración de un parámetro específico en el agua sin tratar. Cuando las aguas superficiales se utilicen para el agua destinada al consumo humano, los Estados miembros deben prestar especial atención a la evaluación de riesgos en relación con los microplásticos y los compuestos con propiedades de alteración endocrina, como el nonilfenol y el β-estradiol, y, en caso necesario, deben exigir a los suministradores de agua que también supervisen y, de ser necesario, apliquen al agua un tratamiento en relación con esos y otros parámetros incluidos en la lista de observación si se consideran un peligro potencial para la salud humana. A partir de la evaluación del riesgo de las zonas de captación de los puntos de extracción, deben adoptarse medidas de gestión para prevenir o controlar los riesgos detectados a fin de proteger la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. Cuando un Estado miembro compruebe, mediante la detección de peligros y eventos peligrosos, que un parámetro no está presente en zonas de captación de los puntos de extracción, por ejemplo, porque esa sustancia nunca se encuentra en masas de agua subterráneas o superficiales, el Estado miembro debe informar de ello a los suministradores de agua pertinentes y debe poder permitirles reducir la frecuencia de control de ese parámetro o eliminarlo de la lista de parámetros que deben controlarse, sin llevar a cabo una evaluación de riesgos del sistema de suministro.

(18) La Directiva 2000/60/CE exige a los Estados miembros que especifiquen las masas de agua utilizadas para la captación de aguas destinadas al consumo humano, hagan un control de estas masas de agua y adopten las medidas necesarias para evitar el deterioro de su calidad a fin de reducir el nivel del tratamiento de purificación necesario para la producción de aguas aptas para el consumo humano. Con objeto de evitar duplicidades en las obligaciones, los Estados miembros, al realizar la detección de peligros y eventos peligrosos, deben utilizar los resultados disponibles de los controles, que sean representativos de las zonas de captación, obtenidos en virtud de los artículos 7 y 8 de la Directiva 2000/60/CE o de otra legislación pertinente de la Unión. No obstante, en los casos en que tales datos de control no estén disponibles, podría instaurarse el control de parámetros, sustancias o contaminantes pertinentes a fin de facilitar la caracterización de las zonas de captación y evaluar riesgos potenciales. Dicho control debe llevarse a cabo teniendo en cuenta la situación local y las fuentes de contaminación.

(19) Los valores paramétricos que dispone la presente Directiva a efectos de evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano deben cumplirse en el punto en el cual sale de los grifos que son utilizados habitualmente para el agua destinada al consumo humano. No obstante, la calidad del agua destinada al consumo humano puede verse afectada por los sistemas de distribución domiciliaria. La OMS señala que, en la Unión, la Legionella es, de entre todos los patógenos presentes en el agua, la que mayor carga sanitaria genera.

Se transmite por inhalación a través de los sistemas de distribución de agua caliente, por ejemplo, durante la ducha. Así pues, es un patógeno claramente vinculado a los sistemas de distribución domiciliaria. Dado que la imposición de una obligación unilateral de someter a control todos los locales públicos y privados para detectar este patógeno conllevaría unos costes injustificadamente elevados, la evaluación de riesgos de los sistemas de distribución domiciliaria es la opción más idónea para hacer frente a esta cuestión. Además, en esa evaluación de riesgos también deben contemplarse los riesgos potenciales derivados de los productos y materiales en contacto con aguas destinadas al consumo humano. Por consiguiente, la evaluación del riesgo de los sistemas de distribución domiciliaria debe incluir, entre otros aspectos, una atención central al control de locales prioritarios determinados por los Estados miembros, como hospitales, instituciones sanitarias, residencias de ancianos, guarderías, escuelas, instituciones educativas, edificios en los que se ofrecen servicios de alojamiento, restaurantes, bares, centros deportivos y comerciales, centros de exposiciones, de recreo y ocio, centros penitenciarios y zonas de acampada, y una evaluación de los riesgos derivados de los sistemas de distribución domiciliaria y de los productos y materiales relacionados. A partir de la evaluación de riesgos, los Estados miembros han de adoptar las medidas necesarias para garantizar, entre otros aspectos, que se cuenta con las medidas de control y gestión apropiadas, por ejemplo, en caso de brotes, en consonancia con las directrices de la OMS, y que la migración de sustancias potencialmente perjudiciales procedentes de los productos de construcción no pone en peligro la salud humana.

(20) Las disposiciones de la Directiva 98/83/CE sobre la garantía de la calidad del tratamiento, los equipos y los materiales no lograron crear requisitos de higiene uniformes para los productos en contacto con aguas destinadas al consumo humano. Como resultado de ello, las homologaciones de los productos se realizan a escala nacional, y los requisitos difieren entre los Estados miembros. En consecuencia, resulta difícil y costoso para los fabricantes comercializar sus productos en toda la Unión y es costoso también para los Estados miembros. Además, a los consumidores y suministradores de agua les resulta difícil saber si los productos cumplen los requisitos sanitarios. El establecimiento de requisitos mínimos armonizados, en la presente Directiva, para los materiales que entran en contacto con aguas destinadas al consumo humano va a contribuir a que se alcance un nivel uniforme de protección de la salud en toda la Unión, así como un mejor funcionamiento del mercado interior. Por otra parte, el Reglamento (UE) 2019/1020 del Parlamento Europeo y del Consejo (11) establece para toda la Unión un mecanismo general de vigilancia del mercado de los productos, con miras a garantizar que solo se comercialicen en la Unión productos conformes que cumplan requisitos que ofrezcan un elevado nivel de protección de los intereses públicos, como la salud y la seguridad en general, la salud y la seguridad en el lugar de trabajo, la protección de los consumidores, la protección del medio ambiente y la seguridad pública. Dicho Reglamento establece que, si se adopta nueva legislación de armonización de la Unión, deberá especificarse en ella si el Reglamento (UE) 2019/1020 también es aplicable a dicha legislación. Por consiguiente, con el fin de garantizar que puedan adoptarse medidas adecuadas de vigilancia del mercado por lo que respecta a los productos a los que no sea todavía aplicable el Reglamento (UE) 2019/1020, pero que se vean afectados por la presente Directiva, conviene establecer la aplicación de dicho Reglamento a esos productos.

(21) La naturaleza de los materiales que entran en contacto con aguas destinadas al consumo humano puede repercutir en la calidad de dichas aguas a través de la migración de sustancias potencialmente perjudiciales, al favorecer la proliferación microbiana, o al alterar el olor, color o sabor de esas aguas. En la evaluación de la Directiva 98/83/CE se concluyó que las disposiciones sobre garantía de la calidad del tratamiento, equipos y materiales proporcionaban demasiada flexibilidad normativa, lo que daba lugar a distintos sistemas nacionales de homologación en todo el territorio de la Unión relativos a materiales que entran en contacto con las aguas destinadas al consumo humano. Por consiguiente, es necesario establecer requisitos mínimos de higiene más específicos para los materiales destinados a utilizarse en la extracción, el tratamiento, el almacenamiento o la distribución de agua destinada al consumo humano en instalaciones nuevas o en instalaciones existentes en caso de obras de reparación o de reconstrucción, a fin de garantizar que no pongan en peligro, ni directa ni indirectamente, la salud humana, ni afecten negativamente al color, olor o sabor del agua, ni favorezcan la proliferación microbiana en el agua, ni provoquen que los contaminantes se filtren en el agua en concentraciones superiores a las necesarias para el fin previsto. A tal efecto, la presente Directiva debe fijar unos requisitos mínimos específicos de higiene para los materiales, mediante el establecimiento de metodologías para el ensayo y aceptación de sustancias de partida, composiciones y componentes, listas positivas europeas de sustancias de partida, composiciones y componentes, métodos y procedimientos para incluir sustancias de partida, composiciones o componentes a las listas positivas europeas o revisar su inclusión, así como procedimientos y métodos de ensayo y aceptación de los materiales finales utilizados en un producto elaborado a partir de combinaciones de sustancias de partida, composiciones o componentes de la listas positivas europeas. Con el fin de no obstaculizar la innovación, la Comisión debe garantizar que esos procedimientos sean proporcionados, y que no supongan una carga excesiva para los operadores económicos, en particular las pequeñas y medianas empresas. En la medida de lo posible, esos procedimientos deben adaptarse a la legislación vigente sobre productos de la Unión, a fin de evitar una doble carga que obligue a los operadores económicos a realizar diferentes evaluaciones de la conformidad para el mismo producto.

(22) Las listas positivas europeas son las listas de sustancias de partida, composiciones y componentes, en función del tipo de materiales, a saber, orgánicos, cementosos, metálicos, esmaltados y cerámicos u otros materiales inorgánicos, cuya utilización esté autorizada para la fabricación de materiales, y dichas listas deben incluir, cuando proceda, las condiciones de utilización y los límites de migración. Para incluir una sustancia de partida, composición o componente en las listas positivas europeas se debe exigir una evaluación de riesgos de la propia sustancia de partida, composición o componente, así como de las impurezas pertinentes y de los productos de reacción y degradación previsibles según el uso previsto. La evaluación de riesgos efectuada por el solicitante o la autoridad nacional debe tener en cuenta los riesgos para la salud derivados de la posible migración en las peores condiciones previsibles de uso y de la toxicidad. Basándose en la evaluación de riesgos, las listas positivas europeas deben, en caso necesario, establecer especificaciones para la sustancia de partida, composición o componente y restricciones de uso, restricciones cuantitativas o límites de migración para la sustancia de partida, composición o componente, las posibles impurezas y los productos de reacción o los componentes con objeto de garantizar la seguridad del material final que se utilice en productos en contacto con aguas destinadas al consumo humano.

A efectos de establecer las primeras listas positivas europeas, deben ponerse a disposición de la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas creada en virtud del Reglamento (CE) n.o 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo (12) (en lo sucesivo, «ECHA», por sus siglas en inglés) las listas positivas nacionales de sustancias de partida, composiciones y componentes, u otras disposiciones nacionales, las metodologías que dieron lugar a la elaboración de dichas listas y disposiciones nacionales, así como las correspondientes evaluaciones de riesgo para cada una de las sustancias de partida, composiciones y componentes. Sobre esa base, la ECHA debe recomendar a la Comisión listas recapitulativas. La ECHA debe revisar y emitir un dictamen sobre las sustancias, composiciones y componentes de las primeras listas positivas europeas a tiempo para que la Comisión pueda revisar las listas en un plazo de quince años a partir de su adopción. A efectos de la actualización de las listas positivas europeas, la ECHA debe emitir dictámenes sobre la inclusión o la supresión de sustancias, composiciones o componentes.

(23) A fin de facilitar ensayos uniformes de productos para cumplir con los requisitos de la presente Directiva, la Comisión debe solicitar al Comité Europeo de Normalización (CEN) que elabore normas para la realización de ensayos y evaluaciones uniformes de productos en contacto con aguas destinadas al consumo humano. Al establecer y actualizar las listas positivas europeas, la Comisión debe garantizar que todos los actos pertinentes o mandatos de normalización que adopte con arreglo a otra legislación de la Unión sean coherentes con la presente Directiva.

(24) Asimismo, a más tardar nueve años después de la fecha límite de transposición de la presente Directiva, debe revisarse el funcionamiento del sistema introducido por ella con el fin de evaluar si se garantiza la protección de la salud humana en toda la Unión y si se protege adecuadamente el funcionamiento del mercado interior de productos en contacto con aguas destinadas al consumo humano utilizando materiales aprobados. Debe evaluarse también si se precisa alguna otra propuesta legislativa en la materia, teniendo en cuenta en particular los resultados de las evaluaciones de los Reglamentos (CE) n.o 1935/2004 (13) y (UE) n.o 305/2011 (14) del Parlamento Europeo y del Consejo.

(25) Los productos en contacto con aguas destinadas al consumo humano deben estar compuestos por un material, o una combinación de materiales, aprobado de conformidad con la presente Directiva. No obstante, la presente Directiva solo aborda los aspectos sanitarios e higiénicos de los materiales y sustancias utilizados en los productos con respecto a su impacto en la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, así como las normas para los ensayos de conformidad y el control de calidad de los productos finales. No aborda otros requisitos, como las normas sobre el modo de expresar el rendimiento de los productos o las normas sobre seguridad estructural, que pueden regularse por la legislación de armonización de la Unión, como el Reglamento (UE) n.o 305/2011 o el Reglamento (UE) 2016/426 del Parlamento Europeo y del Consejo (15), o derivarse de dicha legislación. La coexistencia de aspectos ligados a los riesgos en materia de salud e higiene armonizados por la presente Directiva y aspectos ligados a los riesgos en materia de seguridad o de otro tipo contemplados en la legislación de armonización de la Unión no crearía ningún conflicto, a condición de que no existiera solapamiento entre los riesgos respectivamente cubiertos.

Existe un conflicto potencial entre el Reglamento (UE) n.o 305/2011 y la presente Directiva, dado que evitar liberar sustancias peligrosas en el agua potable o sustancias que puedan tener de algún modo repercusiones negativas en ella figura en el anexo I del Reglamento (UE) n.o 305/2011 como uno de los requisitos básicos de las obras de construcción. Sin embargo, este solapamiento no se va a materializar si no se otorga ningún mandato de normalización en virtud del Reglamento (UE) n.o 305/2011 en lo que respecta a los aspectos sanitarios e higiénicos de los productos en contacto con aguas destinadas al consumo humano.

(26) Es necesario garantizar la eficacia en la toma de decisiones, la coordinación y la gestión, a escala de la Unión, de los aspectos técnicos, científicos y administrativos de la presente Directiva relacionados con los materiales que entran en contacto con agua destinada al consumo humano. La ECHA debe desempeñar tareas especificadas en la presente Directiva en relación con la evaluación de sustancias y composiciones para los materiales que entran en contacto con agua destinada al consumo humano. Por consiguiente, el Comité de Evaluación del Riesgo de la ECHA creado en virtud del artículo 76, apartado 1, letra c), del Reglamento (CE) n.o 1907/2006 debe facilitar el ejercicio de determinadas tareas atribuidas a la ECHA por la presente Directiva mediante la emisión de dictámenes.

(27) Podrían utilizarse sustancias químicas de tratamiento y medios de filtración para el agua sin tratar, a fin de obtener agua apta para el consumo humano. Sin embargo, las sustancias químicas de tratamiento y los medios de filtración pueden presentar riesgos en relación con la seguridad del agua destinada al consumo humano. Por tanto, los procedimientos para tratar y desinfectar las aguas destinadas al consumo humano deben garantizar el uso de sustancias químicas de tratamiento y medios de filtración que sean eficaces, seguros y que estén bien gestionados, a fin de evitar efectos adversos en la salud de los consumidores. Por consiguiente, las sustancias químicas de tratamiento y los medios de filtración deben evaluarse con respecto a sus características, sus requisitos de higiene y su pureza, y no deben utilizarse más de lo necesario con objeto de evitar riesgos para la salud humana. Las sustancias químicas de tratamiento y los medios de filtración no deben favorecer la proliferación microbiana a no ser que estén destinados a tal fin, por ejemplo, para favorecer la desnitrificación microbiana. Los Estados miembros deben asegurar la garantía de calidad de las sustancias químicas de tratamiento y los medios de filtración, sin perjuicio de lo dispuesto en el Reglamento (UE) n.o 528/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo (16) y utilizando las normas europeas existentes cuando se disponga de ellas. Resulta fundamental garantizar que cada producto, así como los recipientes de reactivos químicos y medios de filtración, que entre en contacto con agua destinada al consumo humano lleve una marca claramente legible e indeleble cuando se comercialice, en la que se informe a consumidores, suministradores de agua, instaladores, autoridades y reguladores de que el artículo es apto para utilizarse en contacto con agua destinada al consumo humano. Por otra parte, de conformidad con el Reglamento (UE) n.o 528/2012, los Estados miembros pueden restringir o prohibir el uso de biocidas en el suministro de agua potable al público, incluso en el suministro individual.

(28) Con objeto de minimizar la posible presencia de plomo en las aguas destinadas al consumo humano, los componentes de plomo de los sistemas de distribución domiciliaria pueden sustituirse, en particular, en caso de obras de reparación o de reconstrucción en instalaciones existentes.

Estos componentes deben sustituirse por materiales que cumplan los requisitos mínimos para los materiales que entren en contacto con agua destinada al consumo humano, como establece la presente Directiva. A fin de acelerar ese proceso, los Estados miembros deben considerar y, en su caso, adoptar medidas para la sustitución de componentes de plomo de los sistemas de distribución domiciliaria existentes, si es viable desde el punto de vista económico y técnico.

(29) Cada Estado miembro debe garantizar que se establecen programas de control para comprobar si las aguas destinadas al consumo humano cumplen los requisitos de la presente Directiva. Los suministradores de agua van a ser los responsables de llevar a cabo la mayor parte de las actividades de control previstas en el marco de la presente Directiva. Se ha de conceder una cierta flexibilidad a los suministradores de agua en cuanto a los parámetros sometidos a control a efectos de la evaluación y gestión de riesgos del sistema de suministro. En caso de no detectar un parámetro, los suministradores de agua deben tener la posibilidad de reducir la frecuencia de los controles de ese parámetro o, directamente, dejar de someterlo a control. Respecto de la mayoría de parámetros deben efectuarse una evaluación y una gestión de riesgos del sistema de suministro. No obstante, es conveniente que los parámetros básicos siempre sean controlados con una frecuencia mínima específica. La presente Directiva establece principalmente disposiciones sobre la frecuencia de los controles a efectos de la garantía del cumplimiento, y solo prevé un número limitado de disposiciones sobre controles con fines operativos. A fin de garantizar el correcto funcionamiento del tratamiento del agua, es posible que se requiera realizar controles adicionales con fines operativos. Esos controles adicionales deben efectuarse a discreción de los suministradores de agua. En este sentido, los suministradores de agua pueden remitirse a las guías de la OMS y al Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua.

(30) El método basado en factores de riesgo debe ser aplicado por todos los suministradores de agua, incluidos los pequeños, pues la evaluación de la Directiva 98/83/CE puso de relieve que había deficiencias en la aplicación de dicho método por parte de esos suministradores, en algunos casos debido al coste que implica llevar a cabo actividades innecesarias de control. A la hora de aplicar el método basado en factores de riesgo deben tenerse en cuenta los problemas de seguridad.

(31) En caso de incumplimiento de los requisitos y obligaciones establecidos en la presente Directiva, los Estados miembros deben investigar inmediatamente la causa y garantizar que se apliquen lo antes posible las medidas correctivas necesarias para restablecer la calidad del agua suministrada. Cuando el suministro de agua pueda suponer un peligro para la salud humana, ha de prohibirse el suministro de esa agua o restringirse su utilización. Además, en caso de que no se cumplan los requisitos mínimos de valores relativos a parámetros microbiológicos y químicos, los Estados miembros deben considerar el incumplimiento como un riesgo potencial para la salud humana, excepto cuando se considere insignificante. Cuando resulte necesario adoptar medidas correctivas para restablecer la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, de conformidad con el artículo 191, apartado 2, del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE), debe darse prioridad a las medidas encaminadas a rectificar el problema en la fuente.

(32) Los Estados miembros deben estar autorizados, en determinadas condiciones y en circunstancias debidamente justificadas, a seguir concediendo excepciones respecto de lo dispuesto en la presente Directiva y, en este sentido, es necesario establecer un marco adecuado para la concesión de tales excepciones, siempre y cuando estas no constituyan un peligro para la salud humana y el suministro de aguas destinadas al consumo humano en la zona en cuestión no pueda mantenerse por ningún otro medio razonable. Dichas excepciones deben limitarse a casos concretos. Las excepciones concedidas por los Estados miembros de conformidad con la Directiva 98/83/CE y que aún sean aplicables en la fecha límite de transposición de la presente Directiva deben seguir siendo aplicables hasta el final de la excepción y renovarse con arreglo a lo dispuesto en la presente Directiva únicamente si aún no se ha concedido una segunda excepción.

(33) En su Comunicación de 19 de marzo de 2014 relativa a la Iniciativa Ciudadana Europea «El derecho al agua y el saneamiento como derecho humano. ¡El agua no es un bien comercial sino un bien público!», la Comisión invitó a los Estados miembros a que garantizaran el acceso a un suministro de agua mínimo para todos los ciudadanos, de conformidad con las recomendaciones de la OMS. Asimismo, se comprometió a seguir «mejorando el acceso al agua potable segura […] de toda la población a través de las políticas medioambientales». Este compromiso está en consonancia con el ODS n.o 6 y la meta asociada de «lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos». A fin de abordar los aspectos de acceso al agua relativos a la calidad y la disponibilidad y en el marco de la respuesta a la Iniciativa «Right2Water», y con miras a contribuir a la aplicación del principio n.o 20 del pilar europeo de derechos sociales, según el cual «toda persona tiene derecho a acceder a servicios esenciales de alta calidad, como el agua», los Estados miembros deben afrontar la cuestión del acceso al agua a nivel nacional, para lo que disponen de un margen de discreción con respecto al tipo exacto de medidas que se vayan a aplicar. Esto debe llevarse a cabo a través de acciones destinadas a mejorar el acceso de todos al agua destinada al consumo humano, en particular, instalando equipos de exterior y de interior en espacios públicos, cuando sea técnicamente posible, así como mediante acciones destinadas a promover el uso del agua del grifo, por ejemplo, fomentando el suministro gratuito de agua destinada al consumo humano en las administraciones y edificios públicos o, gratuitamente o por una tasa de servicio reducida, para los clientes de restaurantes, comedores y servicios de suministro de comidas.

(34) La Unión y los Estados miembros se han comprometido, dentro de los límites de sus competencias respectivas, a alcanzar los ODS, y reconocen al mismo tiempo que la responsabilidad principal en la actuación consecutiva y la revisión a escala nacional, regional y mundial de los avances para lograr dichos objetivos recae en los Estados miembros. Algunos de los ODS y el derecho al agua no forman parte ni de la política medioambiental de la Unión ni de su política social, cuya naturaleza es limitada y complementaria. Aun teniendo en cuenta los límites de las competencias de la Unión, conviene velar por que el compromiso constante de los Estados miembros con el derecho al agua sea conforme con lo dispuesto en la presente Directiva, al tiempo que se respeta el principio de subsidiariedad. En este sentido, en la actualidad los Estados miembros están esforzándose considerablemente por mejorar el acceso al agua destinada al consumo humano.

Asimismo, el Protocolo sobre el agua y la salud al Convenio de 1992 sobre la protección y utilización de los cursos de agua transfronterizos y de los lagos internacionales, de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) y la Oficina Regional para Europa de la OMS, del que también son Partes muchos Estados miembros, tiene por objeto proteger la salud humana mejorando la gestión del agua y reduciendo las enfermedades relacionadas con el agua. Los Estados miembros podrían servirse de los documentos de orientación elaborados en el ámbito de competencia de dicho Protocolo para evaluar el contexto de actuación y la situación de partida en relación con el acceso al agua y definir las medidas necesarias para mejorar el acceso equitativo para todos al agua destinada al consumo humano.

(35) El Parlamento Europeo, en su Resolución de 8 de septiembre de 2015 sobre el seguimiento de la Iniciativa Ciudadana Europea Right2Water (17), pidió que los Estados miembros prestaran especial atención a las necesidades de los grupos vulnerables de la sociedad. La situación específica de culturas minoritarias, como las de los gitanos e itinerantes, independientemente de si son sedentarios o no, y en concreto su falta de acceso al agua destinada al consumo humano, también se reconoció en la Comunicación de la Comisión de 2 de abril de 2014, «Informe sobre el Marco Europeo de Estrategias Nacionales de Inclusión de los Gitanos», y en la Recomendación del Consejo de 9 de diciembre de 2013 relativa a la adopción de medidas eficaces de integración de los gitanos en los Estados miembros. En vista de este contexto general, conviene que los Estados miembros presten especial atención a los colectivos vulnerables y marginados adoptando las medidas necesarias para mejorar el acceso al agua destinada al consumo humano de estos grupos. Sin perjuicio del derecho de los Estados miembros a definir los grupos, sería importante que estos grupos incluyan a los refugiados, las comunidades nómadas, las personas sin hogar y las culturas minoritarias como los gitanos e itinerantes, sean sedentarios o no. Dichas medidas para mejorar el acceso, que se dejan a la apreciación de los Estados miembros, podrían incluir, por ejemplo, la oferta de sistemas de suministro alternativos, por ejemplo, dispositivos de tratamiento individuales, el suministro de agua mediante depósitos, como, por ejemplo, camiones y cisternas, y la instalación de las infraestructuras necesarias para los campamentos.

(36) A fin de concienciar en mayor medida a los consumidores sobre las implicaciones del consumo de agua, se les debe proporcionar información fácilmente accesible (por ejemplo, en las facturas o a través de aplicaciones inteligentes) sobre el volumen anual consumido, la evolución del consumo, una comparación con el consumo medio de los hogares cuando dicha información esté a disposición del suministrador de agua, así como sobre el precio por litro del agua destinada al consumo humano, de manera que se pueda establecer una comparación con el precio del agua embotellada.

(37) El 7.° Programa General de Acción de la Unión en materia de Medio Ambiente hasta 2020, «Vivir bien, respetando los límites de nuestro planeta» (18), exige que el público tenga acceso a información clara sobre el medio ambiente a nivel nacional. La Directiva 98/83/CE únicamente preveía un acceso pasivo a la información, es decir, los Estados miembros tan solo tenían que garantizar la disponibilidad de la información. Por consiguiente, conviene sustituir dichas disposiciones para garantizar que los consumidores tengan acceso a información actualizada en línea, de manera fácil y personalizada. Los consumidores también deben poder solicitar el acceso a esta información por otros medios, previa solicitud justificada.

(38) La información actualizada que debe facilitarse en virtud de la presente Directiva debe incluir los resultados de los programas de control, información sobre los tipos de tratamiento y de desinfección del agua utilizados, los datos relativos a la superación de los valores paramétricos relevantes para la salud humana, la información pertinente sobre la evaluación y gestión de riesgos del sistema de suministro, asesoramiento sobre la forma de reducir el consumo de agua y evitar riesgos para la salud derivados del agua estancada, también información adicional que pueda ser útil para el público, por ejemplo, sobre los indicadores, tales como hierro, dureza y minerales, que suelen influir en la percepción que tienen los consumidores del agua del grifo. Asimismo, en respuesta al interés de los consumidores sobre cuestiones relacionadas con el agua, se les debe proporcionar acceso, previa solicitud, a los datos históricos de que se disponga sobre resultados de los controles y superación de valores.

(39) En relación con los suministradores de agua que suministren al menos 10 000 m3 al día o que abastezcan al menos a 50 000 personas, también debe estar disponible en línea para los consumidores información adicional sobre la eficiencia del rendimiento, los índices de fugas, la estructura de propiedad y la estructura de tarifas, entre otros elementos.

(40) La finalidad de un mejor conocimiento de la información pertinente por parte de los consumidores y de una mayor transparencia debe ser la de aumentar la confianza de los ciudadanos en el agua que se les suministra y en los servicios relacionados con el agua, y debe conducir a un incremento del uso del agua del grifo como agua para beber, lo que podría contribuir a la reducción del uso de plásticos, de los residuos y de las emisiones de gases de efecto invernadero, y tener una repercusión positiva en la mitigación del cambio climático y en el medio ambiente en su conjunto.

(41) Con la mejora de las técnicas de control, los índices de fuga son cada vez más evidentes. A fin de mejorar la eficiencia de las infraestructuras hídricas, también para evitar la sobreexplotación de los escasos recursos hídricos destinados al consumo humano, los niveles de fuga de agua deben ser evaluados por todos los Estados miembros y reducirse en caso de que superen un determinado umbral.

(42) La Directiva 2003/4/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (19) tiene por objeto garantizar el derecho de acceso a la información medioambiental en los Estados miembros, en consonancia con el Convenio de Aarhus de 1998 sobre el acceso a la información, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en materia de medio ambiente (20) (en lo sucesivo, «Convenio de Aarhus»). El Convenio de Aarhus engloba una serie de obligaciones generales relativas tanto a la comunicación de información medioambiental previa petición como a la difusión activa de esta información. También la Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (21) tiene un ámbito de aplicación amplio que atañe a la puesta en común de información espacial, incluidos conjuntos de datos sobre distintas cuestiones medioambientales. Es importante que las disposiciones de la presente Directiva relacionadas con el acceso a la información y las modalidades para la puesta en común de datos complementen a las Directivas mencionadas y no generen un régimen legal distinto. Por consiguiente, las disposiciones de la presente Directiva en materia de información para el público e información sobre el control de la aplicación deben entenderse sin perjuicio de la Directiva 2003/4/CE y la Directiva 2007/2/CE.

(43) La Directiva 98/83/CE no establecía obligaciones de presentación de informes para los pequeños suministradores de agua. A fin de corregir esta situación y hacer frente a la necesidad de información sobre la aplicación y el cumplimiento, se debe introducir en la presente Directiva un nuevo sistema por el que se exija a los Estados miembros establecer, mantener actualizados y poner a disposición de la Comisión y la Agencia Europea de Medio Ambiente (en lo sucesivo, «AEMA») conjuntos de datos que contengan únicamente datos pertinentes, como las superaciones de un valor paramétrico o los incidentes de determinada magnitud. Con ello se debería garantizar que la carga administrativa para todas las entidades se mantenga lo más reducida posible. A fin de garantizar que se dispone de la infraestructura adecuada para el acceso público, la presentación de informes y el intercambio de datos entre las autoridades públicas, los Estados miembros deberían fundamentar las especificaciones de datos en la Directiva 2007/2/CE y sus actos de ejecución.

(44) Los datos comunicados por los Estados miembros no solo son necesarios a efectos de la comprobación del cumplimiento, sino que también son fundamentales para que la Comisión pueda hacer un seguimiento y una evaluación de la presente Directiva en relación con los objetivos que se persiguen, como base para cualquier posible evaluación futura de la presente Directiva de conformidad con el apartado 22 del Acuerdo interinstitucional de 13 de abril de 2016 sobre la mejora de la legislación (22). En este sentido, se necesitan datos pertinentes que permitan realizar una mejor evaluación de la eficiencia, la eficacia, la pertinencia y el valor añadido de la Unión de la presente Directiva, de ahí la necesidad de garantizar que existan mecanismos adecuados de presentación de informes que puedan emplearse, a su vez, como indicadores en futuras evaluaciones de la presente Directiva.

(45) De conformidad con el apartado 22 del Acuerdo interinstitucional sobre la mejora de la legislación, la Comisión debe realizar una evaluación de la presente Directiva en un plazo de tiempo determinado a partir de la fecha fijada para su transposición. La evaluación ha de basarse en la experiencia adquirida y los datos recabados durante la aplicación de la presente Directiva, en toda recomendación de la OMS disponible y en datos científicos, analíticos y epidemiológicos pertinentes.

(46) La presente Directiva respeta los derechos fundamentales y observa los principios reconocidos por la Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea. En particular, la presente Directiva aspira a promover los principios relacionados con la atención sanitaria, el acceso a los servicios de interés económico general y la protección del consumidor.

(47) La eficacia de la presente Directiva y su objetivo de protección de la salud humana en el contexto de la política medioambiental de la Unión exigen que las personas físicas y jurídicas o, en su caso, sus organizaciones debidamente constituidas, puedan invocarla en procesos judiciales y que los órganos jurisdiccionales nacionales puedan tomar en consideración la presente Directiva como un elemento del Derecho de la Unión con el fin, entre otros aspectos, de revisar, cuando proceda, las decisiones de una autoridad nacional. Además, según reiterada jurisprudencia del Tribunal de Justicia, en virtud del principio de cooperación leal establecido en el artículo 4, apartado 3, del Tratado de la Unión Europea (TUE), corresponde a los órganos jurisdiccionales de los Estados miembros garantizar la tutela judicial de los derechos conferidos a una persona por el Derecho de la Unión.

Por otra parte, el artículo 19, apartado 1, del TUE obliga a los Estados miembros a establecer las vías de recurso necesarias para garantizar la tutela judicial efectiva en los ámbitos cubiertos por el Derecho de la Unión. Ello es especialmente pertinente en el caso de una directiva que tiene por objeto proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas destinadas al consumo humano. Por otra parte, de conformidad con el Convenio de Aarhus, se ha de velar por que los miembros del público interesado tengan acceso a la justicia a fin de contribuir a la protección del derecho a vivir en un entorno que sea adecuado para la salud y el bienestar personales. Mediante la Decisión (UE) 2018/881 del Consejo (23), se pidió a la Comisión que llevara a cabo un estudio antes del 30 de septiembre de 2019 y, si procedía a la luz del estudio, presentara antes del 30 de septiembre de 2020 una propuesta de modificación del Reglamento (CE) n.o 1367/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo (24), con el fin de dar respuesta a las conclusiones del Comité de Cumplimiento del Convenio de Aarhus en el asunto ACCC/C/2008/32. La Comisión presentó el estudio en dicho plazo y declaró en su Comunicación de 11 de diciembre de 2019 sobre el Pacto Verde Europeo, que «considerará la posibilidad de revisar el Reglamento Aarhus para mejorar el acceso a los mecanismos de recurso administrativo y judicial al nivel de la UE por parte de los ciudadanos y las ONG que tengan dudas sobre la legalidad de las decisiones que afecten al medio ambiente». Es importante que la Comisión también tome medidas para mejorar el acceso a la justicia de los ciudadanos y las ONG ante los órganos jurisdiccionales nacionales de todos los Estados miembros.

(48) A fin de adaptar la presente Directiva al progreso científico y técnico, deben delegarse en la Comisión los poderes para adoptar actos con arreglo al artículo 290 del TFUE, por lo que respecta a establecer un umbral para las fugas, determinar el procedimiento de evaluación de la conformidad para los productos que entren en contacto con aguas destinadas al consumo humano, establecer un procedimiento para las solicitudes destinadas a la ECHA para añadir o retirar sustancias de partida, composiciones o componentes de las listas positivas europeas, establecer un marcado para los productos que entren en contacto con agua, adoptar una metodología para medir microplásticos, modificar el anexo III y modificar el valor paramétrico del bisfenol A en el anexo I, parte B. Reviste especial importancia que la Comisión lleve a cabo las consultas oportunas durante la fase preparatoria, en particular con expertos, y que esas consultas se realicen de conformidad con los principios establecidos en el Acuerdo interinstitucional sobre la mejora de la legislación. En particular, a fin de garantizar una participación equitativa en la preparación de los actos delegados, el Parlamento Europeo y el Consejo reciben toda la documentación al mismo tiempo que los expertos de los Estados miembros, y sus expertos tienen acceso sistemáticamente a las reuniones de los grupos de expertos de la Comisión que se ocupen de la preparación de actos delegados. Por otra parte, la delegación de poderes recogida en el anexo I, parte C, nota 10, de la Directiva 98/83/CE para fijar la frecuencia de control y los métodos de control de las sustancias radiactivas ha quedado obsoleta por la adopción de la Directiva 2013/51/Euratom del Consejo (25) y, por tanto, debe suprimirse. La delegación de poderes recogida en el anexo III, parte A, párrafo segundo, de la Directiva 98/83/CE con respecto a la modificación de la Directiva ya no es necesaria y, por tanto, debe suprimirse.

(49) A fin de garantizar condiciones uniformes de ejecución de la presente Directiva, deben conferirse a la Comisión competencias de ejecución para adoptar metodologías para ensayar y aceptar sustancias de partida, composiciones y compuestos, para adoptar listas positivas europeas de sustancias de partida, composiciones y compuestos, y de procedimientos y métodos para ensayar y aceptar materiales finales fabricados con dichas sustancias de partida, composiciones y compuestos. También deben conferirse a la Comisión competencias de ejecución para adoptar el formato y modalidades de presentación de la información que deben facilitar los Estados miembros y que la AEMA ha de recabar en relación con la aplicación de la presente Directiva, así como para crear una lista de observación y mantenerla al día. Dichas competencias deben ejercerse de conformidad con el Reglamento (UE) n.o 182/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo (26).

(50) Sin perjuicio de lo dispuesto en la Directiva 2008/99/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (27), los Estados miembros han de establecer normas sobre las sanciones aplicables en caso de infringirse las disposiciones nacionales adoptadas en virtud de la presente Directiva y deben tomar todas las medidas necesarias para garantizar que efectivamente se aplican. Dichas sanciones deben ser efectivas, proporcionadas y disuasorias.

(51) Con el fin de que los suministradores de agua tengan a su disposición un conjunto completo de datos cuando comiencen a efectuar la evaluación y la gestión de riesgos del sistema de suministro, debe fijarse un plazo de tres años para los nuevos parámetros. Ello permitirá a los Estados miembros llevar a cabo la detección de peligros y eventos peligrosos durante esos tres primeros años después de la fecha límite de transposición de la presente Directiva y les permitirá proporcionar a los suministradores de agua datos sobre los nuevos parámetros, evitando así todo control innecesario por parte de los suministradores de agua, si se concluye que no es necesario controlar de nuevo un parámetro tras la primera detección de los peligros y los eventos peligrosos. Durante esos primeros tres años, los suministradores de agua deben efectuar, no obstante, la evaluación de riesgos del sistema de suministro o utilizar las evaluaciones del riesgo ya efectuadas en virtud de la Directiva (UE) 2015/1787, respecto de aquellos parámetros que formaban parte del anexo I de la Directiva 98/83/CE, dado que los datos respecto de esos parámetros ya estarán disponibles cuando la presente Directiva entre en vigor.

(52) La Directiva 2013/51/Euratom establece disposiciones específicas para el control de las sustancias radiactivas en las aguas destinadas al consumo humano. En consecuencia, la presente Directiva no debe fijar valores paramétricos en relación con la radiactividad.

(53) Dado que los objetivos de la presente Directiva, a saber, proteger la salud humana y mejorar el acceso al agua destinada al consumo humano, no pueden ser alcanzados de manera suficiente por los Estados miembros, sino que, debido a las dimensiones y efectos de la acción, pueden lograrse mejor a escala de la Unión, esta puede adoptar medidas, de acuerdo con el principio de subsidiariedad establecido en el artículo 5 del TUE. De conformidad con el principio de proporcionalidad establecido en el mismo artículo, la presente Directiva no excede de lo necesario para alcanzar dichos objetivos.

(54) La obligación de transponer la presente Directiva al Derecho interno debe limitarse a las disposiciones constitutivas de una modificación de fondo con respecto a las Directivas anteriores. La obligación de transponer las disposiciones no modificadas se deriva de las Directivas anteriores.

(55) La presente Directiva no debe afectar a las obligaciones de los Estados miembros relativas al plazo de transposición al Derecho interno de las Directivas que se indican en el anexo VI, parte B.

HAN ADOPTADO LA PRESENTE DIRECTIVA:

SE CITAN EN BIBLIOGRAFÍA GENERAL EL CUERPO COMPLETO DE LA DIRECTIVA CON 28 Arts. Y 7 Anexos

- ## NORMATIVA MERCOSUR

La República Argentina, sanciona la **Ley 25.841 (Acuerdo Marco sobre Medio Ambiente del MERCOSUR, suscripto en Asunción), sancionada en Noviembre 26 de 2003 y promulgada de hecho en Enero 9 de 2004.**

El Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina reunidos en Congreso, etc.
sancionan con fuerza de Ley:

ARTICULO 1° — Apruébase el ACUERDO MARCO SOBRE MEDIO AMBIENTE DEL MERCOSUR, suscripto en Asunción —REPUBLICA DEL PARAGUAY— el 22 de junio de 2001, que consta de ONCE (11) artículos y UN (1) anexo, cuya fotocopia autenticada forma parte de la presente ley.
ARTICULO 2° — Comuníquese al Poder Ejecutivo nacional.
DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL CONGRESO ARGENTINO, EN BUENOS AIRES, A LOS VEINTISEIS DIAS DEL MES DE NOVIEMBRE DEL AÑO DOS MIL TRES.

ACUERDO MARCO SOBRE MEDIO AMBIENTE DEL MERCOSUR

PREAMBULO

La República Argentina, la República Federativa del Brasil, la República del Paraguay y la República Oriental del Uruguay, en adelante denominadas los Estados Partes:
RESALTANDO la necesidad de cooperar para la protección del medio ambiente y la utilización sustentable de los recursos naturales, con vistas a alcanzar una mejor calidad de vida y un desarrollo económico, social y ambiental sustentables;
CONVENCIDOS de los beneficios de la participación de la sociedad civil en la protección del medio ambiente y en la utilización sustentable de los recursos naturales;
RECONOCIENDO la importancia de la cooperación entre los Estados Partes con el objetivo de apoyar y promover la implementación de sus compromisos internacionales en materia ambiental, observando la legislación y las políticas nacionales vigentes;
REAFIRMANDO los preceptos de desarrollo sustentable previstos en la Agenda 21, adoptada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en 1992;

CONSIDERANDO que las políticas comerciales y ambientales deben complementarse, para asegurar el desarrollo sustentable en el ámbito del MERCOSUR;
CONVENCIDOS de la importancia de un marco jurídico que facilite la efectiva protección del medio ambiente y el uso sustentable de los recursos naturales de los Estados Partes.

ACUERDAN:

CAPITULO I
Principios
Art. 1° Los Estados Partes reafirman su compromiso con los principios enunciados en la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992.
Art. 2° Los Estados Partes analizarán la posibilidad de instrumentar la aplicación de aquellos principios de la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992, que no hayan sido objeto de tratados internacionales.
Art. 3° En sus acciones para alcanzar el objeto de este Acuerdo e implementar sus disposiciones, los Estados Partes deberán orientarse, inter alia, por lo siguiente:
a) promoción de la protección del medio ambiente y del aprovechamiento más eficaz de los recursos disponibles mediante la coordinación de políticas sectoriales, sobre la base de los principios de gradualidad, flexibilidad y equilibrio;
b) incorporación del componente ambiental en las políticas sectoriales e inclusión de las consideraciones ambientales en la toma de decisiones que se adopten en el ámbito del MERCOSUR, para el fortalecimiento de la integración;
c) promoción del desarrollo sustentable por medio del apoyo recíproco entre los sectores ambientales y económicos, evitando la adopción de medidas que restrinjan o distorsionen, de manera arbitraria o injustificada, la libre circulación de bienes y servicios en el ámbito del MERCOSUR;
d) tratamiento prioritario e integral de las causas y las fuentes de los problemas ambientales;
e) promoción de una efectiva participación de la sociedad civil en el tratamiento de las cuestiones ambientales; y
f) fomento a la internalización de los costos ambientales mediante el uso de instrumentos económicos y regulatorios de gestión.

CAPITULO II
Objeto
Art. 4° El presente Acuerdo tiene por objeto el desarrollo sustentable y la protección del medio ambiente, mediante la articulación de las dimensiones económicas, sociales y ambientales, contribuyendo a una mejor calidad del ambiente y de la vida de la población.
CAPITULO III
Cooperación en Materia Ambiental
Art. 5° Los Estados Partes cooperarán en el cumplimiento de los acuerdos internacionales que contemplen materia ambiental de los cuales sean parte. Esta cooperación podrá incluir, cuando se estime conveniente, la adopción de políticas comunes para la protección del medio ambiente, la conservación de los recursos naturales, la promoción del desarrollo sustentable, la presentación de comunicaciones conjuntas sobre temas de interés común y el intercambio de información sobre las posiciones nacionales en foros ambientales internacionales.

Art. 6° Los Estados Partes profundizarán el análisis de los problemas ambientales de la subregión con la participación de los organismos nacionales competentes y de las organizaciones de la sociedad civil, debiendo implementar, entre otras, las siguientes acciones:
a) incrementar el intercambio de información sobre leyes, reglamentos, procedimientos, políticas y prácticas ambientales así como sus aspectos sociales, culturales, económicos y de salud, en particular, aquellos que puedan afectar al comercio o las condiciones de competitividad en el ámbito del MERCOSUR;
b) incentivar políticas e instrumentos nacionales en materia ambiental, buscando optimizar la gestión del medio ambiente;
c) buscar la armonización de las legislaciones ambientales, considerando las diferentes realidades ambientales, sociales y económicas de los países del MERCOSUR;
d) identificar fuentes de financiamiento para el desarrollo de las capacidades de los Estados Partes, a efectos de contribuir con la implementación del presente Acuerdo;
e) contribuir a la promoción de condiciones de trabajo ambientalmente saludables y seguras para que, en el marco de un desarrollo sustentable, se posibilite mejorar la calidad de vida, el bienestar social y la generación de empleo;
f) contribuir para que los demás foros e instancias del MERCOSUR consideren adecuada y oportunamente los aspectos ambientales pertinentes;
g) promover la adopción de políticas, procesos productivos y servicios no degradantes del medio ambiente;
h) incentivar la investigación científica y el desarrollo de tecnologías limpias;
i) promover el uso de instrumentos económicos de apoyo a la ejecución de las políticas para la promoción del desarrollo sustentable y la protección del medio ambiente;
j) estimular la armonización de las directrices legales e institucionales, con el objeto de prevenir, controlar y mitigar los impactos ambientales en los Estados Partes, con especial referencia a las áreas fronterizas;
k) brindar, en forma oportuna, información sobre desastres y emergencias ambientales que puedan afectar a los demás Estados Partes, y cuando fuere posible, apoyo técnico y operativo;
l) promover la educación ambiental formal y no formal y fomentar conocimientos, hábitos de conducta e integración de valores orientados a las transformaciones necesarias para alcanzar el desarrollo sustentable en el ámbito del MERCOSUR;
m) considerar los aspectos culturales, cuando corresponda, en los procesos de toma de decisión en materia ambiental; y
n) desarrollar acuerdos sectoriales, en temas específicos, conforme sea necesario para la consecución del objeto de este Acuerdo.
Art. 7° Los Estados Partes acordarán pautas de trabajo que contemplen las áreas temáticas previstas como Anexo al presente instrumento, las cuales son de carácter enunciativo y serán desarrolladas en consonancia con la agenda de trabajo ambiental del MERCOSUR.

CAPITULO IV

Disposiciones Generales

Art. 8° Las controversias que surgieran entre los Estados Partes respecto de la aplicación, interpretación o incumplimiento de las disposiciones contempladas en el presente Acuerdo serán resueltas por medio del sistema de solución de controversias vigente en el MERCOSUR.
Art. 9° El presente Acuerdo tendrá duración indefinida y entrará en vigor, en un plazo de 30 (treinta) días a partir del depósito del cuarto instrumento de ratificación.

Art. 10° La República del Paraguay será la depositaria del presente Acuerdo y demás instrumentos de ratificación.
Art. 11° La República del Paraguay notificará a los gobiernos de los demás Estados Partes la fecha de depósito de los instrumentos de ratificación y de la entrada en vigor del presente Acuerdo.

Hecho en la ciudad de Asunción el 22 de junio de 2001, en un original, en los idiomas portugués y español, siendo ambos textos igualmente auténticos.

- **CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO (CAA)**

A continuación se transcriben en su totalidad, los artículos que hablen solamente de **AGUA** (potable, mineral y gasificada) dentro del Capítulo XII del Código Alimentario Argentino Actualizado, que también se incluye COMPLETO dentro de la bibliografía general.

CAPITULO XII: BEBIDAS ANALCOHOLICAS, BEBIDAS HIDRICAS, AGUA Y AGUA GASIFICADA

AGUA POTABLE

Art 982 - Con las denominaciones de Agua potable de suministro público y Agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener substancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente. El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de un pozo o de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios. Ambas deberán cumplir con las características físicas, químicas y microbiológicas siguientes:
Características físicas:

- Turbiedad: máx. 3 N T U;
- Color: máx. 5 escala Pt-Co;

- Olor: sin olores extraños.

Características químicas:

- pH: 6,5 - 8,5;
- pH sat.: pH ± 0,2.

Substancias inorgánicas:

- Amoníaco (NH 4 +) máx.: 0,20 mg/l;
- Antimonio máx.: 0,02 mg/l;
- Aluminio residual (Al) máx.: 0,20 mg/l;
- Arsénico (As) máx.: 0,01 mg/l;
- Boro (B) máx.: 0,5 mg/l;
- Bromato máx.: 0,01 mg/l;
- Cadmio (Cd) máx.: 0,005 mg/l;
- Cianuro (CN-) máx.: 0,10 mg/l;
- Cinc (Zn) máx.: 5,0 mg/l;
- Cloruro (Cl-) máx.: 350 mg/l;
- Cobre (Cu) máx.: 1,00 mg/l;
- Cromo (Cr) máx.: 0,05 mg/l;
- Dureza total (CaCO3) máx.: 400 mg/l;
- Fluoruro (F-): para los fluoruros la cantidad máxima se da en función de la temperatura promedio de la zona, teniendo en cuenta el consumo diario del agua de bebida:
    - Temperatura media y máxima del año (°C) 10,0 a 12,0, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,9: límite superior: 1, 7
    - Temperatura media y máxima del año (°C) 12,1 a 14,6, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,8: límite superior: 1,5
    - Temperatura media y máxima del año (°C) 14,7 a 17,6. contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,8: límite superior: 1,3
    - Temperatura media y máxima del año (°C) 17,7 a 21,4, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), Límite inferior: 0,7: límite superior: 1,2
    - Temperatura media y máxima del año (°C) 21,5 a 26,2, contenido límite recomendado de Flúor (mg/ l), límite inferior: 0,7: límite superior: 1,0
    - Temperatura media y máxima del año (°C) 26,3 a 32,6, contenido límite recomendado de Flúor (mg/ l), límite inferior: 0,6; límite superior: 0,8
- Hierro total (Fe) máx.: 0,30 mg/l;
- Manganeso (Mn) máx.: 0,10 mg/l;
- Mercurio (Hg) máx.: 0,001 mg/l;
- Níquel (Ni) máx.: 0,02 mg/l;
- Nitrato (NO 3 -,) máx.: 45 mg/l;
- Nitrito (NO 2 -) máx.: 0,10 mg/l;
- Plata (Ag) máx.: 0,05 mg/l;
- Plomo (Pb) máx.: 0,05 mg/l;
- Selenio (Se) máx.: 0,01 mg/l;
- Sólidos disueltos totales, máx.: 1500 mg/l;
- Sulfatos (SO 4 =) máx.: 400 mg/l;

Cloro activo residual (Cl) mín.: 0,2 mg/l.
La autoridad sanitaria competente podrá admitir valores distintos si la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario.
Para aquellas regiones del país con suelos de alto contenido de arsénico, se establece un plazo de hasta 5 años para adecuarse al valor de 0,01 mg/l. **(Resolución Conjunta SPReI N° 34/2012 y SAGyP N° 50/2012):** Prorrógase el plazo de cinco (5) años previsto para alcanzar el valor de 0,01 mg/l de arsénico hasta contar con los resultados del estudio "Hidroarsenicismo y Saneamiento Básico en la República Argentina – Estudios básicos para el establecimiento de criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de aguas" cuyos términos fueron elaborados por la Subsecretaría de Recursos Hídricos del Ministerio de Planificación Federal.
Características Microbiológicas:

- Bacterias coliformes: NMP a 37 °C- 48 hs. (Caldo Mc Conkey o Lauril Sulfato), en 100 ml: igual o menor de 3.
- Escherichia coli: ausencia en 100 ml.
- Pseudomonas aeruginosa: ausencia en 100 ml.
- En la evaluación de la potabilidad del agua ubicada en reservorios de almacenamiento domiciliario deberá incluirse entre los parámetros microbiológicos a controlar el recuento de bacterias mesófilas en agar (APC - 24 hs. a 37 °C): en el caso de que el recuento supere las 500 UFC/ml y se cumplan el resto de los parámetros indicados, sólo se deberá exigir la higienización del reservorio y un nuevo recuento. En las aguas ubicadas en los reservorios domiciliarios no es obligatoria la presencia de cloro activo.

Contaminantes orgánicos:

- THM, máx.: 100 ug/l;
- Aldrin + Dieldrin, máx.: 0,03 ug/l;
- Clordano, máx.: 0,30 ug/l;
- DDT (Total + Isómeros), máx.: 1,00 ug/l;
- Detergentes, máx.: 0,50 mg/l;
- Heptacloro + Heptacloroepóxido, máx.: 0,10 ug/l;
- Lindano, máx.: 3,00 ug/l;
- Metoxicloro, máx.: 30,0 ug/l:
- 2,4 D, máx.: 100 ug/l;
- Benceno, máx.: 10 ug/l;
- Hexacloro benceno, máx: 0,01 ug/l;
- Monocloro benceno, máx.: 3,0 ug/l;
- 1,2 Dicloro benceno, máx.: 0,5 ug/l;
- 1,4 Dicloro benceno, máx.: 0,4 ug/l;
- Pentaclorofenol, máx.: 10 ug/l;
- 2, 4, 6 Triclorofenol, máx.: 10 ug/l;
- Tetracloruro de carbono, máx.: 3,00 ug/l;
- 1,1 Dicloroeteno, máx.: 0,30 ug/l;
- Tricloro etileno, máx.: 30,0 ug/l;
- 1,2 Dicloro etano, máx.: 10 ug/l;
- Cloruro de vinilo, máx.: 2,00 ug/l;
- Benzopireno, máx.: 0,01 ug/l;
- Tetra cloro eteno, máx.: 10 ug/l;
- Metil Paratión, máx.: 7 ug/l;

- Paratión, máx.: 35 ug/l;
- Malatión, máx.: 35 ug/l.

Los tratamientos de potabilización que sea necesario realizar deberán ser puestos en conocimiento de la autoridad sanitaria competente.

AGUA GASIFICADA

Art 983 - Se entiende por agua de bebida envasada o agua potabilizada envasada a un agua de origen subterráneo o proveniente de un abastecimiento público, al agua que se comercialice envasada en botellas, contenedores u otros envases adecuados, provistos de la rotulación reglamentaria y que cumpla con las exigencias del presente artículo.

La utilización de un agua proveniente de un suministro público queda condicionada a la aprobación de la autoridad competente, la que se deberá ajustar a las pautas sanitarias existentes. Podrán ser adicionadas de gas carbónico en cuyo caso la presión del gas no podrá ser menor de 1,5 atmósferas medidas a 21 °C.

Tratamientos permitidos:

A fin de conservar o mejorar sus características físicas, químicas, microbiológicas o sensoriales se permiten los siguientes tipos de tratamientos:

1. La decantación y/o filtración al solo efecto de eliminar substancias naturales indeseables tales como arena, limo, arcilla u otras.
2. La separación de elementos inestables tales como compuestos de hierro y/o azufre, mediante la decantación y/o filtración eventualmente precedida de aireación y/u oxigenación.
3. La eliminación de arsénico, vanadio, flúor, manganeso, nitratos u otros elementos o compuestos que se encuentren presentes en concentraciones que excedan los límites permitidos.
4. La cloración, aireación, ozonización, radiación ultravioleta, ósmosis inversa, absorción por carbón, pasaje por resinas de intercambio y filtros de retención microbiana así como otra operación que autorice la autoridad sanitaria competente.

Características físicas:

- Turbiedad, máx.: 3 N T U:
- Color máx.: 5 Escala Pt-Co:
- Olor: característico.
- Características químicas:
- pH (a excepción de las aguas carbonatadas): 6,0 - 9,0.

Substancias inorgánicas:

- Amoníaco (NH 4 +) máx.: 0,20 mg/l;
- Antimonio máx.: 0,02 mg/l;
- Aluminio residual (Al) máx.: 0,20 mg/l;
- Arsénico (As) máx.: 0,01 mg/l;
- Boro (B) máx.: 0,5 mg/l;
- Bromato máx.: 0,01 mg/l;
- Cadmio (Cd) máx. 0,01 mg/l;
- Cianuro (CN-) máx: 0,10 mg/l;
- Cinc (Zn) máx.: 5,00 mg/l;
- Cloro residual (Cl) máx. 0,5 mg/l;
- Cloruro (CI-) máx.: 350 mg/l;
- Cobre (Cu) máx.: 2,00 mg/l;

- Cromo (Cr) máx.: 0,05 mg/l;
- Fluoruro (F-), máx.: 2,0 mg/l;
- Hierro (Fe) máx.: 2,0 mg/l;
- Manganeso (Mn) máx.: 0,10 mg/l;
- Mercurio (Hg máx.: 0,001 mg/l;
- Níquel (Ni) máx.: 0,02 mg/l;
- Nitrato (NO 3 -) máx.: 45 mg/l;
- Nitrito (NO 2 -) máx.: 0,10 mg/l;
- Plata (Ag) máx.: 0,05 mg/l;
- Plomo (Pb) máx.: 0,05 mg/l;
- Selenio (Se) máx.: 0,01 mg/l;
- Sólidos disueltos totales, máx. 1500 mg/l;
- Sulfatos (SO 4 =) máx.: 500 mg/L

La autoridad sanitaria competente podrá admitir valores distintos si la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario. El agua envasada en esas condiciones deberá consignar en el rotulado la localidad de elaboración y no podrá expenderse fuera de ella. Para aquellas regiones del país con sueldos de alto contenido de arsénico, se establece un plazo de hasta 5 años para adecuarse al valor de 0,01 mg/l. **(Resolución Conjunta SPReI N° 34/2012 y SAGyP N° 50/2012):** Prorrógase el plazo de cinco (5) años previsto para alcanzar el valor de 0,01 mg/l de arsénico hasta contar con los resultados del estudio "Hidroarsenicismo y Saneamiento Básico en la República Argentina – Estudios básicos para el establecimiento de criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de aguas" cuyos términos fueron elaborados por la Subsecretaría de Recursos Hídricos del Ministerio de Planificación Federal. La autoridad sanitaria competente deberá informar la nómina de los productos así autorizados a las restantes jurisdicciones y a la Autoridad Sanitaria Nacional.

Características Microbiológicas:

- Bacterias coliformes: NMP a 37 °C - 48 hs (Caldo de Mc Conkey o Lauril sulfato), en 100 ml: igual o menor de 3.
- Escherichia coli: ausencia en 100 ml.
- Pseudomonas aeruginosa: ausencia en 100 ml.
- Bacterias mesófilas (APC - 37 °C 24 hs.) máx.: 500 UFC/ml. En el caso de que el recuento supere las 500 UFC/ml, y se cumplan con el resto de los parámetros indicados, sólo se deberá exigir la higienización de la planta y realizar un nuevo recuento.

Contaminantes orgánicos:

- THM, máx.: 100 ug/l;
- Aldrin + Dieldrin, máx.: 0,03 ug/l;
- Clordano, máx.: 0,30 ug/l;
- DDT (Total + Isómeros), máx.: 1,00 ug/l;
- Detergentes, máx.: 0,50 mg/l;
- Heptacloro + Heptacloroepóxido, máx.: 0,10 ug/l;
- Lindano, máx.: 3,00 ug/l;
- Metoxicloro, máx.: 30,0 ug/l;
- 2,4 D, máx.: 100 ug/l;
- Benceno, máx.: 10 ug/l;
- Hexacloro benceno, máx.: 0,01 ug/l;

- Monocloro benceno, máx.: 3,0 ug/l;
- 1,2 Dicloro benceno, máx.: 0,5 ug/l;
- 1,4 Dicloro benceno, máx.: 0,4 ug/l;
- Pentaclorofenol. máx.: 10 ug/l;
- 2, 4, 6 Triclorofenol, máx.: 10 ug/l;
- Tetra cloruro de carbono, máx.: 3,00 ug/l;
- 1,1 Dicloro eteno, máx.: 0,30 ug/l;
- Tricloro etileno, máx.: 30,0 ug;l;
- 1,2 Dicloro etano, máx.: 10 ug/l;
- Cloruro de vinilo, máx.: 2,00 ug/l;
- Benzopireno, máx: 0,01 ug/l;
- Tetra cloro eteno, máx.: 10 ug/l;
- Metil Paratión, máx.: 7 ug/l;
- Paratión, máx.: 35 ug/l;
- Malatión, máx.: 35 ug/l.

Las aguas de bebida envasadas deben suministrarse en recipientes destinados directamente al consumidor, y elaborados sólo con los materiales aprobados por el presente Código. Deberán ser obturados en alguna de las siguientes formas:

1) Con tapones de tierra cocida esmaltada o de porcelana, provistos de anillos de caucho o de corcho de buena calidad, o de cualquier otro material debidamente autorizado, libre de impurezas tóxicas.

2) Con tapas de metal del tipo de las denominadas corona, las cuales deberán ser hechas con niquelados, o con hojalata nueva barnizada y llevar una lámina de estaño técnicamente puro, corcho de buena calidad o plástico adecuado.

3) Con tapas-roscas de aluminio y plástico adecuado o provistas de discos de cierre de corcho de buena calidad o de plástico adecuado o de metal técnicamente puro autorizado.

En todos los casos deberán estar provistos de un sistema de cierre o dispositivo que resulte inviolable y evite toda posibilidad de falsificación y/ o contaminación.

Los envases cuyo volumen sea superior a los 25 litros deberán ser autorizados por la autoridad sanitaria competente. Aquellas empresas que utilicen envases de retorno para envasar agua de bebida deben cumplir las exigencias del Anexo I del presente artículo. En la rotulación de este producto se consignarán los siguientes datos:

a) La denominación de producto mediante las expresiones "Agua de bebida embotellada (o envasada)", "Agua potable embotellada (o envasada)", "Agua tratada embotellada (o envasada)", "Agua potable embotellada (o envasada)", "Agua tratada embotellada (o envasada)", "Agua de Mesa embotellada (o envasada)", "Soda en botellas".

b) Marca registrada.

c) Nombre o razón social y domicilio de la planta embotelladora.

d) Tratamiento eventual al que pudo haber sido sometida de acuerdo a lo consignado en el Inciso 3, mediante expresiones como "desazufrada", "defluorurada", o similares.

e) Optativamente datos referidos a la composición química o el resultado de análisis efectuado por la autoridad sanitaria competente en el momento de autorizar el producto y/o los resultados del análisis microbiológico o mencionar que la calidad microbiológica cumple con las normas oficiales.

f) Número de registro del producto y del establecimiento otorgados por autoridad sanitaria competente.

g) Fecha de duración máxima que se deberá indicar mediante la expresión "Consumir preferentemente antes de...", llenando el espacio en blanco con la fecha correspondiente. Este valor deberá ser establecido por el fabricante.
h) Identificación de la partida o día, mes y año de elaboración lo que podrá efectuarse mediante una clave que se pondrá en conocimiento de la autoridad sanitaria competente.
i) La indicación "Gasificada" cuando se le haya incorporado gas carbónico. Se exceptúa de esta indicación a los productos rotulados "Soda" "Soda en botellas".
Los nombres de fantasía o marcas no serán de fuentes o localidades donde se obtenga o hubiera obtenido agua mineral natural. No están autorizados en los rótulos o cualquier forma de publicidad imágenes de fuentes, cascadas u otra forma de representación que puedan sugerir agua mineral. En los envases con el rótulo vitrificado, las exigencias de rotulación del presente artículo sólo serán exigidas en aquellos fabricados a partir de la fecha de vigencia del presente. Conjuntamente con la solicitud de aprobación del producto se deberá presentar ante la autoridad sanitaria competente las siguientes informaciones:
1) Lugar y/o situación de la captación del agua.
2) Descripción de los proyectos referidos a las obras de captación, tanque de almacenamiento, canalizaciones, maquinarias, equipos y materiales empleados.
3) Sistemas y equipos para procesos de decantación, filtración, ozonización, gasificación y toda otra operación facultativa autorizada que se lleve a cabo.
Cuando por razones accidentales resultara indispensable proceder a practicar el saneamiento total o parcial de la planta deberán utilizarse hipocloritos alcalinos u otros desinfectantes autorizados. En todos los casos las tareas de limpieza y desinfección deberán realizarse manteniendo en receso el proceso de producción. Todas las plantas deberán ajustarse a las exigencias particulares impuestas por el Anexo 1, por el artículo 119 y a las generales de higiene para los establecimientos que elaboran alimentos. Todo establecimiento embotellador de los productos consignado en el presente artículo deben contar con un Asesor Técnico que por la naturaleza de sus estudios, a juicio de la autoridad sanitaria competente esté capacitado para supervisar las operaciones de producción y verificar la calidad de los productos elaborados, tarea que podrá ser realizada sin desempeñarse en relación de dependencia ni con dedicación exclusiva.

ANEXO I DEL ARTICULO 983 (Res MsyAS Nº 494 del 7.07.94) - CONDICIONES Y EXIGENCIAS MINIMAS PARA ESTABLECIMIENTOS:

Objeto: En este anexo se establecen las exigencias y condiciones particulares mínimas que deberán ser observadas en los establecimientos elaboradores de aguas de bebida envasadas.
Definiciones:
Captación: Conjunto de operaciones requeridas para la obtención de agua.
Canalizaciones: Las tuberías, filtros y bombas extractoras usadas para la extracción de agua.
Carbonatación: Incorporación de dióxido de carbono previa a la etapa de envasado.
Contaminación: La presencia de toda substancia objetable en el producto.
Desinfección: reducción del número de microorganismos mediante agentes químicos y/u otros métodos físicos previamente aprobados por la autoridad sanitaria competente.
Envase: Todo recipiente elaborado con material aprobado por la autoridad sanitaria competente, destinado a contener el producto para su conservación y venta al consumidor.
Establecimiento: Todo edificio y la zona que lo rodea donde se elabore y envase el producto.
En esta definición se incluyen los vestuarios, comedores, oficinas y demás dependencias. Se designa también como PLANTA.

Filtración: Operación destinada a retener partículas mediante el uso de material apropiado.
Reservorios: Depósitos de acumulación y/o reserva del producto a envasar.
Tratamiento: Operación destinada a eliminar elementos indeseables que deben ser autorizadas por la autoridad sanitaria competente.
Requisitos para los Establecimientos:

- El establecimiento deberá estar ubicado en zonas libres de olores desagradables, humos, polvos, o cualquier otro tipo de contaminantes.
- La construcción de los edificios debe ser sólida, de mampostería u otros materiales que permitan su limpieza.
- El establecimiento deberá contar como mínimo con un sector para el lavado mecánico de los envases, sala de llenado y tapado y sector de rotulado y encajonado.
- Las captaciones y canalizaciones deben ser de materiales inatacables, que no cedan substancias objetables al agua en cantidades superiores a las permitidas.
- Los reservorios deben ser cerrados, con materiales resistentes al agua, de fácil limpieza y con filtros en los sistemas de ventilación.
- Todas las máquinas deben estar ubicadas dejando un espacio con la pared para permitir la limpieza.
- Los suministros se deben almacenar a una distancia de las paredes que permitan la limpieza.
- La sala de envasado debe estar cerrada en todo su contorno (paredes, cielo raso y puertas), contar con cierra-puertas automático y preferiblemente ser presurizada.
- Las aberturas para las cintas transportadoras que ingresan los envases vacíos y limpios y las de las cintas transportadoras que retiran los envases llenos, no deben exceder el tamaño requerido para el paso de los envases.
- La planta debe ser adecuadamente ventilada para minimizar olores y prevenir la condensación de agua en las áreas de lavado y envasado.
- Los artefactos de iluminación deben ser de seguridad para prevenir rotura y posibilidad de caída de vidrios.
- Todos los equipos, conductos, cañerías y partes salientes deben estar ubicados de tal forma que eviten el goteo por condensación o pérdidas de las cañerías que pudieran caer en el producto envasado.
- Las cocinas, baños y otros locales no afectados al proceso de producción deben estar ubicados sin acceso directo a las áreas de procesamiento.
- Las puertas de los baños deben tener cierrapuertas.
- El aire comprimido debe estar libre de aceite, polvo, agua y otros contaminantes.
- Toda la basura y desechos deben ser guardados fuera de los locales de elaboración, limpieza y envasado.
- Todos los recipientes para este fin deben tener tapa.
- Las superficies de los equipos que deban estar en contacto con el agua que se va envasar deben ser de materiales inalterables, resistentes al agua, no absorbentes, que no cedan substancias objetables en cantidades superiores a las permitidas y que puedan resistir repetidas operaciones de limpieza.
- El agua a envasar y la de limpieza de planta no deben mezclarse.
- Las máquinas llenadoras y tapadoras deben tener un sistema de seguridad que evite contaminaciones si se rompe algún envase de vidrio.
- Las tolvas donde se colocan las tapas a usar deben permanecer cubiertas.

Requisitos de Higiene:

- Todos los locales y anexos, vinculados con la toma de agua, su tratamiento, almacenamiento, envasado y cualquier etapa de la industrialización deben mantenerse en óptimo estado de pulcritud y lavado.
- Los reservorios del agua, las tuberías, equipos de tratamiento y de llenado deben ser sometidos a limpieza periódica y en el momento que se detecte alguna anormalidad.
- El lavado y sanitización de los envases vacíos se debe realizar en un recinto adecuado para prevenir contaminaciones.
- Los envases retornables deben ser lavados, sanitizados e inspeccionados antes de ser llenados. Debe realizarse en equipos adecuados para asegurar su eficaz limpieza.
- Preferentemente se emplearán soluciones de hidróxido de sodio a temperaturas no menores de 60 °C o procedimientos previamente aprobados por la autoridad sanitaria competente. Deben ser enjuagados con agua potable y verificar la ausencia de trazas de hidróxido de sodio mediante un indicador ácido-base como la fenolftaleína.
- Los envases llenos deben ser inspeccionados.
- El personal debe estar vestido con prendas limpias y con gorros para retener el pelo. No se debe permitir trabajar en el proceso total de la planta a personas con enfermedades y/o heridas expuestas que puedan contaminar al agua.
- Controles:
- Las plantas deben llevar un registro de los controles analíticos (físicos, químicos y microbiológicos) que realicen en su laboratorio o en laboratorio de terceros autorizados por la autoridad sanitaria competente, con la indicación de la fecha de toma de muestra y el código del lote".

Art 984 - Queda expresamente prohibido expender con la denominación de polvos o granulados para agua carbónica o similares, las mezclas de distintos componentes que al disolverse en el agua liberen gas carbónico.

AGUAS MINERALES

Art 985 - (Res MsyAS N° 209 del 7.03.94):

1) "Definición: Se entiende por Agua mineral natural un agua apta para la bebida, de origen subterráneo, procedente de un yacimiento o estrato acuífero no sujeto a influencia de aguas superficiales y proveniente de una fuente explotada mediante una o varias captaciones en los puntos de surgencias naturales o producidas por perforación.

2) Características: El agua mineral natural debe diferenciarse claramente del agua potabilizada o agua común para beber en razón de:

a) su naturaleza caracterizada por su tenor en minerales y sus respectivas proporciones relativas, oligoelementos y/u otros constituyentes;

b) su pureza microbiológica original;

c) la constancia de su composición y temperatura en la captación las que deberán permanecer estables en el marco de las fluctuaciones naturales, en particular ante eventuales variaciones de caudal, aceptándose una variación de sus componentes mayoritarios de hasta el 20% respecto de los valores registrados en su aprobación, en tanto no superen los valores máximos admitidos.

3) Operaciones facultativas: Se admiten las siguiente operaciones:

a) la decantación y/o filtración al solo efecto de eliminar sustancias naturales inestables que se encuentren en suspensión, tales como arena, limo, arcilla u otras;

b) la separación de elementos inestables, tales como los compuestos de hierro y/o de azufre, mediante filtración o decantación eventualmente precedida de aereación u oxigenación, siempre que dicho tratamiento no tenga por efecto modificar la composición del agua en los constituyentes esenciales que le confieren sus propiedades particulares;
c) la eliminación total o parcial del gas carbónico libre, mediante procedimientos físicos exclusivamente;
d) la incorporación de gas carbónico procedente o no de la fuente;
e) el tratamiento con radiación ultravioleta u ozonización en tanto no altere sustancialmente la composición química del agua y/o el pasaje a través de filtros de retención microbiana.
4) Operaciones prohibidas: una agua mineral natural no puede ser objeto de tratamiento o agregado alguno que no sean los indicados en el inciso 3) del presente artículo.
5) Composición y factores de calidad:
a) Caracteres sensoriales:

- Color: hasta 5 u (unidades de la escala Pt-Co),
- Olor: característico, sin olores extraños
- Sabor: característico, sin sabores extraños
- Turbidez: hasta tres UT (unidades Jackson o nefelométricas);

b) Caracteres químicos y físico-químicos:

- Arsénico: máximo 0,2 mg/l
- Bario: máximo 1,0 mg/l
- Boro (como H_3BO_3): máximo 30 mg/l
- Bromo: máximo 6,0 mg/l
- Cadmio: máximo 0,01 mg/l
- Carbonatos (como $CaCO_3$): máximo 600 mg/l
- Cloruro (como ión): máximo 900 mg/l
- Cobre: máximo 1,0 mg/l
- Flúor: máximo 2,0 mg/l
- Hierro: máximo 5,0 mg/l
- Iodo: máximo 8,5 mg/l
- Manganeso: máximo 2,0 mg/l
- Materia orgánica (oxígeno consumido por $KMnO_4$, medio ácido): máximo 3,0 mg/l
- Nitratos (como ión nitrato): máximo 45,0 mg/l
- pH: entre 4 y 9
- Residuo seco soluble (180°C):no menor de 50 ni mayor de 2000 mg/l
- Selenio máximo 0,01 mg/l
- Sulfato (como ión): máximo 600 mg/l
- Sulfuro (como ión): máximo 0,05 mg/l
- Zinc: máximo 5,0 mg/l

c) Contaminantes:

- Agentes tensioactivos: ausencia
- Cianuro (como ión): máximo 0,01 mg/l
- Cloro residual: ausencia
- Compuestos fenólicos: ausencia
- Cromo (VI): máximo 0,05 mg/l
- Hidrocarburos, aceites, grasas: ausencia
- Mercurio: máximo 0,001 mg/l

- Nitrito (como ión): máximo 0,1 mg/l
- Nitrógeno amoniacal (como ión amonio): máximo 0,2 mg/l
- Plomo: máximo 0,05 mg/l
- Productos indicadores de contaminación: ausencia
- Residuos de pesticidas: ausencia

d) Calidad microbiológica: en la captación y durante su comercialización el agua mineral natural deberá estar exenta de:

- i) Parásitos en 250 cc
- ii) Escherichia coli, en 250 cc
- iii) Estreptococos fecales, en 250 cc
- iv) Anaerobios esporulados sulfito reductores, en 50 cc
- v) Pseudomonas aeruginosa, en 250 cc

Art 986 - (Res MSyAS N° 209 del 7.03.94) "Clasificación: las aguas minerales naturales se clasificarán de la siguiente manera:

1. De acuerdo al grado de mineralización determinado por el residuo seco soluble a 180°C:

a) Oligominerales: residuo: entre 50 y 100 mg/l
b) De mineralización débil residuo: entre 101 y 500
c) De mineralización media residuo: entre 501 y 1500
d) De mineralización fuerte residuo: entre 1501 y 2000

2. De acuerdo a su composición:

- Alcalina o bicarbonatada: contiene más de 600 mg/l de ión bicarbonato
- Acidulada o carbogaseosa: contiene más de 250 mg/l de dióxido de carbono libre
- Salina o clorurada: contiene más de 500 mg/l de cloruro de sodio
- Cálcica: contiene más de 150 mg/l de calcio
- Magnésica: contiene más de 50 mg/l de magnesio
- Fluorada: contiene más de 1 mg/l de flúor
- Ferruginosa: contiene más de 2 mg/l de hierro
- Iodadas: contiene más de 1 mg/l de iodo
- Sulfatadas: contiene más de 200 mg/l ión sulfato

3. De acuerdo a la temperatura del agua en la surgencia o extracción:

- Atermales: 0° a 20°C
- Hipotermales: 21° a 30°C
- Mesotermales: 31° a 40°C
- Hipertermales: más de 40°C

4. De acuerdo al contenido gaseoso:

a) Naturalmente gaseosa: agua mineral natural cuyo tenor en gas carbónico proveniente de la fuente, luego de una eventual decantación y del embotellado, resulte igual al que se presentaba en la captación. Es permitida la reincorporación de gas proveniente de la misma fuente, en cantidad equivalente a la del gas liberado en esas operaciones con las tolerancias técnicas habituales.

b) Gasificada o con gas: agua mineral natural que ha sido carbonatada en el lugar de origen con gas carbónico procedente o no de la fuente y que después de embotellada contiene una presión de gas no menor de 1,5 atmósferas a 21°C.

En el caso de que el gas carbónico no provenga de la fuente deberá ser de grado alimentario.

c) No gasificada: agua mineral natura que no contiene gas carbónico

Art 987 - (Res SAGPyA N° 70 del 20.01.04) Envases: Las aguas minerales naturales deberán ser envasadas en el lugar de origen salvo que el agua se transporte desde la fuente y/o captaciones hasta la planta de envasado mediante canalizaciones adecuadas que eviten su contaminación microbiológica y no alteren su composición química. Serán envasadas en los recipientes destinados directamente al consumidor. Los recipientes de materiales poliméricos y los compuestos para su fabricación en las plantas deberán ser bromatológicamente aptos y estar previamente aprobados por la autoridad sanitaria competente. Todo envase utilizado para el acondicionamiento de las aguas minerales naturales debe estar provisto de un dispositivo de cierre hermético inviolable destinado a evitar toda posibilidad de falsificación y/o contaminación. Queda prohibido el transporte y comercialización de agua mineral natural en todo envase que no sea el autorizado para el consumidor final.

Art 988 - (Res SAGPyA N° 70 del 20.01.04) Rotulación: En la rotulación de las aguas minerales se consignarán, los siguientes datos:
1. Indicaciones obligatorias:
a) Denominación del producto mediante las expresiones:
"Agua mineral natural de manantial de mesa" o
"Agua mineral natural de manantial" o
"Agua mineral natural de mesa" o
"Agua mineral natural"
con caracteres de igual tamaño, realce y visibilidad, reservándose las dos primeras designaciones para aquellas aguas provenientes de fuentes surgentes naturales;
b) Marca registrada.
c) Nombre o razón social y domicilio de la planta productora.
d) Contenido neto.
e) Clasificación correspondiente de acuerdo al grado de mineralización, a la composición y al contenido gaseoso de acuerdo a lo establecido en el Artículo 986, incs. 1, 2 y 4, con caracteres y en lugar bien visibles.

f) Tratamiento eventual al que pudo haber sido sometida el agua de acuerdo a las disposiciones del Artículo 985, inc. 3, apartado b). Se consignarán mediante expresiones tales como "deazufrada", y/o "deferrinizada".
g) Lugar del emplazamiento de la fuente mediante indicaciones que no puedan suscitar engaño y confusión.
h) Datos referidos a la composición o el resultado del análisis practicado por la autoridad sanitaria competente en el momento de autorizar el producto. Optativamente podrán mencionarse resultados del análisis microbiológico.
i) Números de registro del producto y del establecimiento otorgados por la autoridad sanitaria competente.
j) Fecha de vencimiento que también podrá indicarse con la expresión "Consumir preferentemente antes de ..."llenado el espacio en blanco con la fecha correspondiente.
k) Identificación de la partida o del día de elaboración, la que podrá efectuarse mediante una clave que se pondrá en conocimiento de la autoridad sanitaria competente.
l) Cuando el envase supere los dos (2) litros deberán consignar en el rótulo las siguientes leyendas:

- Conservar el envase cerrado y en un lugar fresco cada vez que se utilice.
- Una vez abierto, consumir el producto dentro de los ... días (llenando el espacio en blanco con el número de días determinado bajo responsabilidad del Director Técnico y aceptado por la autoridad competente de inscripción).

2. Indicaciones optativas:
a) Nombre de la fuente.
b) Termalidad y/o radioactividad mediante las menciones "Temperatura (o radioactividad) en el punto de captación" o expresiones similares que no den lugar a confusión o engaño con respecto a que tales propiedades correspondan al agua en el momento de su captación y no al producto envasado".
Art 989 - (Res MSyAS N° 209 del 7.03.94) Restricciones y prohibiciones:
1. La denominación de agua mineral queda exclusivamente reservada a las aguas minerales naturales
2. Queda prohibido comercializar bajo una misma marca aguas minerales naturales procedentes de diferentes localidades de origen.
Queda prohibido tanto en los envases y en la rotulación cuanto en cualquier forma de publicidad, la utilización de indicaciones, denominaciones, marcas de fábrica o comerciales, imágenes, símbolos u otros signos figurativos o no que:
a) sugieran o atribuyan a un agua mineral natural propiedades de prevención, tratamiento o cura de cualquier tipo de enfermedad,
b) con respecto a un agua mineral natural sugieran o indiquen una característica que la misma no posea con respecto al origen, autorización de explotación, resultado de análisis, calificaciones o toda otra referencia análoga a las garantías de autenticidad
c) con respecto a un agua potable envasada o a aguas mineralizadas artificialmente sean susceptibles de crear confusión con un agua natural".
Art 990 - (Res MSyAS N° 209 del 7.03.94) El nombre de una localidad, pueblo, municipio o lugar podrá integrar el texto de una designación comercial o marca, siempre que se refiera a un agua mineral natural cuya fuente de explotación se encuentre en el lugar indicado por dicha designación comercial o marca. Los nuevos productos a registrar como agua mineral natural deberán adoptar como marca una denominación que no induzca a confusión ni visual ni fonética con las anteriormente registradas.

Art 991 -(Res MSyAS N° 209 del 7.03.94)
1) Toda agua mineral natural, antes de ser librada al consumo, así como la fuente que le da origen, tendrán que ser previamente aprobadas por la autoridad sanitaria competente, la que deberá apreciarlas en los siguientes aspectos:
a) Geológicos e hidrogeológico
b) Físico, químico y fisicoquímico
c) Microbiológico
2) La autoridad sanitaria efectuará los análisis correspondientes del agua en estudio a fin de establecer su composición química, caracteres físico-químicos y calidad microbiológica: Estos exámenes deberán ser repetidos íntegramente tres veces en un año, con periodicidad semestral, para poder considerar completado en estos aspectos, el estudio previo a la evaluación. La metodología de análisis se consignará en el presente Código y será de carácter obligatorio a partir de la fecha de su publicación;
3) La empresa que explotará la fuente deberá presentar, conjuntamente con la solicitud de aprobación del producto y de la planta, las siguientes informaciones:
1. Temperatura del agua en el momento de su captación
2. Radio-actinología del agua en el momento de su captación en el caso de fuente radioactiva
3. Caudal de la fuente
4. Situaciones exactas de las captaciones determinadas por su altitud y, en el plano topográfico, por un mapa en escala de 1:1000 como máximo.
5. Informe geológico detallado sobre el origen y la naturaleza de los terrenos
6. Estratigrafía del yacimiento hidrogeológico
7. Area de restricción proyectada en un perímetro alrededor de la fuente u otras medidas de protección contra las contaminaciones
8. Descripción de los proyectos referidos a las obras de captación, tanques de almacenamiento, canalizaciones, maquinaria, equipos, materiales empleados
9. Sistemas y equipos para procesos de decantación, filtración, gasificación y toda otra operación facultativa autorizada.
4) La autorización definitiva de explotación de una fuente, luego de ser aprobada el agua mineral natural que de ella proviene, quedará condicionada a la aprobación de las instalaciones de la planta y a que las operaciones se realicen con los debidos recaudos de higiene.

Art 992 - (Res MSyAS N° 209 del 7.03.94) Cuando por razones accidentales resultare indispensable proceder a practicar el saneamiento parcial o total de la fuente, perforaciones y/o instalaciones, deberá utilizarse hipocloritos alcalinos u otros desinfectantes autorizados. En todo caso las tareas de limpieza y/o desinfección deberán realizarse manteniendo en receso el proceso de captación y envasado que sólo podrá reiniciarse cuando el tenor en cloro activo o de cualquier otro desinfectante empleado en un examen de prueba del agua sea cero. Los controles y ensayos a que dieran lugar los supuestos casos enunciados, así como toda otra evaluación al respecto no expresamente indicada, serán llevados a cabo en el laboratorio de la empresa cuya existencia determinan las disposiciones del Anexo I (Ver el Anexo I a continuación del Artículo 118).

Art 992bis - (Res MSyAS N° 209 del 7.03.94) Cualquier modificación en las condiciones de las eventuales operaciones facultativas autorizadas deben ser puestas en conocimiento de la autoridad sanitaria competente.

Asimismo deberá serle comunicada toda variación permanente que se haya constatado en las características químicas del agua que supere las tolerancias admitidas, a fin de que pueda autorizar -si correspondiere- la continuación de la explotación.

Art 993 - (Res MSyAS N° 209 del 7.03.94) Todas las plantas de explotación de una fuente de agua mineral natural deberán ajustarse a las disposiciones y exigencias impuestas por el Anexo I (Ver el Anexo I a continuación del Artículo 118) y complementariamente a las generales de higiene para los establecimientos que elaboran alimentos.

Art 994 - (Res MSyAS N° 209 del 7.03.94) Las aguas minerales naturales podrán ser utilizadas en la elaboración de bebidas sin alcohol u otros productos alimenticios únicamente en el lugar de explotación de la fuente. Los productos elaborados con agua mineral podrán hacer mención en el rótulo de esta circunstancia, pero no podrán mencionar ninguna propiedad particular vinculada con la composición del agua mineral.

Art 994bis - (Res MSyAS N° 209 del 7.03.94) Se entiende por Agua mineral aromatizada o saborizada el producto elaborado con agua mineral natural que cumpla con las exigencias del presente Código, adicionada de sustancias aromatizantes naturales de uso permitido. Deberá cumplir con los requisitos microbiológicos y químicos consignados en el Artículo 985, con la única excepción del contenido de materia orgánica. El envase deberá responder a las exigencias del Artículo 987. Este producto deberá ser elaborado exclusivamente en el lugar de explotación de la fuente. El producto se rotulará en el cuerpo del envase "Agua Mineral Aromatizada (o Saborizada)", seguido de la leyenda "con sabor natural de ..." o "con aroma natural de ..." llenando el espacio en blanco con el sabor o aroma que lo caracteriza, con caracteres de buenas visibilidad y altura no mayor de 2/3 de la denominación del producto.
El producto carbonatado en el lugar de origen con dióxido de carbono, deberá consignar la indicación gasificado. Deberá además consignar las indicaciones que correspondan establecidas en el Artículo 986 y cumplir con las restricciones señaladas en los Artículos 988, Inc 2), párrafo b); 989, Inc 2, párrafo a) y 990.

Art 995 - (Res SAGPyA N° 70 del 20.01.04) Con la denominación de "Agua mineralizada artificialmente" se entiende al producto elaborado con agua potable adicionada de minerales de uso permitido, gasificada o no, envasada en recipientes bromatológicamente aptos, de cierre hermético e inviolable. Deberá cumplimentar las siguientes exigencias:
a) Cumplir los requisitos microbiológicos y de compuestos químicos y contaminantes establecidos para el agua mineral, según lo prescripto en el Artículo 985 de este Código.
b) La presión de dióxido de carbono (cuando corresponda) no será menor de 1,5 atmósferas a 21°C.
c) Los nombres de fantasía o marcas no serán de fuentes o localidades donde se obtengan o hubieren obtenido aguas minerales naturales.
Este producto se rotulará: Agua Mineralizada artificialmente con caracteres de buen tamaño realce y Visibilidad. Cuando el envase supere los dos (2) litros, deberán consignarse en el rótulo las siguientes leyendas:

- Conservar el envase cerrado y en un lugar fresco cada vez que se utilice.
- Una vez abierto, consumir el producto dentro de los ... días (llenando el espacio en blanco con el número de días determinado bajo responsabilidad del Director Técnico y aceptado por la autoridad competente de inscripción).

En el rótulo deberá figurar además, con iguales caracteres y en lugar bien visible la clasificación que le hubiere correspondido en razón de las sales añadidas según lo indicado en el Artículo 986, inc. 2, así como la expresión Gasificada o No Gasificada, según corresponda. Deberá consignarse nombre o razón social, domicilio del elaborador y fecha de vencimiento que también podrá indicarse con la expresión "Consumir preferentemente antes de ....." llenado el espacio en blanco con la fecha correspondiente. Podrán consignarse en la rotulación datos analíticos de resultados de análisis químicos y bacteriológicos realizados en laboratorios oficiales.

Art 1017 - (Res MSyAS 494 del 7.07.94) La soda en sifones deberá estar elaborada con agua potable que responda a las características físicas, químicas y microbiológicas y a los límites establecidos para contaminantes orgánicos consignados en el Artículo 983. Los establecimientos elaboradores de soda en sifones que no cuenten con suministro de agua potable o que la provisión les resulte insuficiente podrán recurrir a otras fuentes que autorice la autoridad sanitaria competente. En caso de ser necesario para asegurar la calidad del producto se permitirán los siguientes tratamientos previa autorización de la autoridad sanitaria competente:

1. La decantación y/o filtración al efecto de eliminar sustancias naturales indeseables tales como arena, limo, arcillas y otras.
2. La separación de elementos inestables tales como compuestos de azufre y/o hierro, mediante decantación y/o filtración eventualmente precedida de aereación y/u oxigenación.
3. La eliminación de arsénico, vanadio, flúor, manganeso, nitrato u otros elementos o compuestos que se encuentren presentes en concentraciones que excedan los límites permitidos, con declaración en el rotulado.

4. La cloración, aereación, ozonización, radiación ultravioleta, ósmosis inversa, absorción por carbón, pasaje por resinas de intercambio y filtros de retención microbiana así como otra operación autorizada por la autoridad sanitaria competente.
La autoridad sanitaria competente podrá admitir valores químicos distintos de los consignados en el Artículo 983 si la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de contar o aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario. En este caso deberá consignarse en el rótulo la localidad de elaboración y no podrán expenderse fuera de ella. La autoridad sanitaria competente deberá informar la nómina de estos productos a las restantes jurisdicciones y a la autoridad sanitaria nacional. La soda en sifones deberá contener gas carbónico a una presión no menor de 1,5 atmósferas medida a 21°C. El producto a la salida de la línea de llenado deberá presentar valores residuales mínimos de 0,2 mg/l de cloro activo y/o de 0,2 mg/l de ozono.

ANEXO AL ARTICULO 1017 - (Res MSyAS 494 del 7.07.94): En este Anexo se establecen exigencias y condiciones particulares mínimas que deberán ser observadas en los establecimientos que elaboran soda en sifones.
Definiciones:

- Captación: Conjunto de operaciones requerido para la obtención del agua.
- Carbonatación: incorporación de dióxido de carbono previa a la etapa de envasado.
- Contaminación: Presencia de toda sustancia objetable en el producto.
- Desinfección: Reducción del número de microorganismos mediante agente químico y/u otros métodos físicos previamente aprobados por la autoridad sanitaria competente.
- Envase: Todo recipiente elaborado con material aprobado por la autoridad sanitaria competente, destinado a contener el producto para su conservación y venta al consumidor.
- Establecimiento: Todo edificio y la zona que lo rodea en donde se elabore y envase el producto. En esta definición se incluyen los vestuarios, comedores, oficinas y demás dependencias. Se designa también como Planta.
- Reservorios: Depósitos de acumulación y/o reserva del agua a envasar.
- Filtración: Operación destinada a retener partículas mediante el uso de material apropiado.
- Tratamientos: Operaciones destinadas a eliminar elementos indeseables las que deben ser autorizadas por autoridad sanitaria competente.
- Automático: Sistemas o dispositivos mecánicos que impidan el contacto humano directo.

Requisitos para el establecimiento:

- El establecimiento deberá estar ubicado en zonas libres de olores desagradables, humos, polvos o cualquier otro tipo de contaminantes.
- La construcción de los edificios debe ser sólida, de mampostería u otro material que permita su adecuada limpieza.
- La planta debe estar adecuadamente ventilada para minimizar olores y prevenir la condensación de agua en las áreas de lavado y envasado.
- Las captaciones y canalizaciones deben ser de materiales inatacables que no cedan sustancias objetables al agua en cantidades superiores a las permitidas. No presentará fisuras, grietas ni ningún tipo de pérdidas.

- En caso de utilizarse pozos de extracción de agua, éstos deberán ser construidos en un todo de acuerdo con las reglamentaciones de O.S.N. y/o autoridad competente en la materia y estarán inscriptos según las normas en vigencia.
- Las superficies de los equipos que deban estar en contacto con el agua que se va a envasar deben ser de materiales inalterables, resistentes al agua, no absorbentes, que no cedan sustancias objetables en cantidades superiores a las permitidas y que puedan resistir repetidas operaciones de limpieza.
- Todo reservorio de agua destinada a la elaboración de soda deberá cumplir con las exigencias de O.S.N. y/o autoridad competente en la materia, no presentará fisuras, grietas, ni pérdida de ningún tipo. Las tapas serán de material no corroible y deberán permitir una fácil inspección del interior del reservorio.
- Las tapas superiores contarán con un sistema de cierre lo suficientemente hermético como para impedir la entrada de polvos, insectos, lluvias y otros contaminantes que deberán estar aprobados por la autoridad sanitaria competente.
- La sala de elaboración y llenado deberá estar aislada de los otros sectores del establecimiento, cerrada en todo su contorno (paredes, techo) y provista de cierrapuertas automático.
- Todos los envases llenos deberán ser inspeccionados ocularmente. Debiendo disponerse como mínimo de una pantalla iluminada dispuesta especialmente para este fin.
- En la sala de elaboración y llenado no podrán almacenarse elementos que no estén directamente afectados a esa etapa de la fabricación salvo en situaciones de emergencia justificada.

Requisitos de Higiene:

- Todos los locales y anexos vinculados con la toma de agua, su eventual tratamiento, almacenamiento y envasado así como cualquier etapa de la industrialización deberán mantenerse en adecuado estado de pulcritud y limpieza.
- Los reservorios de agua, las tuberías, equipos de tratamiento, elaboración y llenado deben ser sometidos a limpieza periódica y en el momento de detectarse alguna anormalidad.
- El o los pozos que se utilicen como fuente de agua serán desinfectados, como mínimo, cada seis meses, con intervención del Asesor Técnico quien registrará debidamente esta operación, en un libro habilitado al efecto por la autoridad competente.
- El agua de pozo será analizada bacteriológicamente con una frecuencia mínima mensual procediéndose a su desinfección toda vez que se excedan los límites establecidos en el artículo 983.
- El lavado de los sifones será obligatorio previo al llenado y deberá efectuarse en equipos automáticos ubicados inmediatamente antes de la línea de llenado.
- Los equipos de lavado de los sifones contarán con zonas de lavado y enjuague claramente diferenciadas y con circuitos independientes de circulación de agua. El circuito de lavado deberá presentar en todo momento una concentración mínima de 20 mg/l de cloro activo o cantidades equivalentes de otros agentes bactericidas, aprobados por la autoridad sanitaria competente.
- Los cajones portaenvases serán perfectamente higienizados y desinfectados en las lavadoras.

- El agua de lavado de los cajones deberá contener en todo momento una concentración de cloro de 5 mg/l de cloro activo o cantidades equivalentes de otro bactericida aprobado por la autoridad sanitaria competente.

(Artículo 11 de la Res MSyAS 494 del 7.07.94: Acuérdase a las empresas comprendidas en los alcances de esta Resolución un plazo de TRESCIENTOS SESENTA (360) días a partir de su publicación en el Boletín Oficial (14.07.94) dentro de los cuales deberán realizar modificaciones que Impliquen cambios estructurales en los establecimientos actualmente autorizados y los que se encuentran en curso de autorización").

Art 1017bis - (Res MSyAS 494 del 7.07.94) La soda en sifones deberá suministrarse en envases de vidrio o de materiales plásticos aprobados para este fin y presentarse obturados en alguna de las siguientes formas:

1. Con tapas sifones de estaño técnicamente puro o aleado con no más de 20 % de antimonio y 3 % de cobre, o de otro metal autorizado. Deberán presentar las partes externas perfectamente niqueladas o cromadas y las internas que puedan estar en contacto con el líquido estarán revestidas con estaño técnicamente puro o aleado con no más de 10 % de antimonio y 3 % de cobre, o de otro metal autorizado. Los revestimientos deberán ser uniformes, sin soluciones de continuidad o picaduras y de 1 mm de espesor como mínimo.
2. Con tapas sifones fabricadas con materiales plásticos, resinas artificiales, derivados de la celulosa, de la caseína y otras sustancias análogas, todas autorizadas por el presente Código, las que deberán cumplir, cuando se las mantenga durante 24 horas en contacto con agua carbónica a 10 atmósferas de presión, con los límites de cesión establecidos en el presente Código. Antes de que los sifones abandonen la sala de elaboración y envasado deberá cubrirse sus cabezas con una funda protectora como puede ser un film de polietileno termosellado o similares u obturarse sus picos con una cápsula. Todos los materiales deberán estar autorizados en el Código. Los sifones llevarán en el cuerpo del envase o en la malla o armadura protectora, grabadas, estampadas, vitrificadas o pintadas las siguientes exigencias de rotulación:

- Denominación del producto que deberá expresarse con el término "Soda"
- Marca.
- Volumen neto expresado en unidades del sistema métrico legal argentino.
- Nombre y domicilio del productor.
- Número de inscripción del establecimiento y número de aprobación del producto.
- Tratamiento eventual al que pudo haber sido sometida el agua autorizado por el Artículo 1017 Inc. 3 que podrá indicarse con expresiones tales como "desfluorada", "desnitratada" o similares.

La Autoridad Sanitaria competente podrá autorizar que los números de establecimiento y de producto, el nombre, domicilio y el tratamiento realizado se consignen en la funda plástica protectora de los cabezales. En caso de producirse un cambio de domicilio del establecimiento elaborador y la dirección anterior se encuentre indicada en forma indeleble en el cuerpo del envase, el nuevo domicilio podrá indicarse en la funda plástica protectora o deberá notificarse de inmediato el cambio a la autoridad sanitaria competente. Podrán estar provistos de malla, armadura, blindaje o sistema protector adecuado que permita la visualización del contenido del envase por lo cual, no podrá cubrir más del 60 % de su superficie lateral, permitiendo asimismo la visualización del fondo del envase.

Los sifones podrán llevar grabada, estampada, vitrificada o pintada en forma indeleble la leyenda "Envase no negociable", "Este envase no puede venderse" u otras expresiones semejantes.

Art 1018 - (Res MSyAS 494 del 7.07.94) Los sifones que se utilicen para la preparación de soda en el momento deberán ser de alguno de los materiales autorizados y llevarán armadura protectora y dispositivo de seguridad para evitar sobrepresión.

Art 1018 bis - (Res MSyAS 494 del 7.07.94) Queda prohibido llenar sifones que no estén en perfectas condiciones de seguridad e higiene o que tengan rajaduras y otros deterioros que ofrezcan peligro.

Art 1019 - (Res MSyAS 494 del 7.07.94) En todas las fábricas, depósitos, almacenes, bares, confiterías, hoteles, restaurantes y cualquier otro tipo de locales de expendio, los esqueletos con sifones y las estibas de esqueletos deberán mantenerse en buenas condiciones de higiene y no almacenarse en lugares insalubres y/o inadecuados.

Art 1019bis (Res MSyAS 494 del 7.07.94) Todo establecimiento elaborador de soda en sifones deberá contar con un Asesor Técnico que por la naturaleza de sus estudios esté capacitado, a juicio de la Autoridad Sanitaria competente, para supervisar las operaciones de producción y verificar la calidad de los productos elaborados, tareas que podrán realizarse sin desempeñarse en relación de dependencia ni con dedicación exclusiva. En todo establecimiento elaborador de soda en sifones deberán realizarse periódicamente análisis físicos, químicos y microbiológicos de los productos. Estos controles se realizarán en el Laboratorio de la empresa en caso de contarse con uno adecuado a tales fines o en laboratorios de terceros autorizados por la autoridad sanitaria competente. Los exámenes microbiológicos y los exámenes físicos y químicos se realizarán obligatoriamente con frecuencia mínima trimestral y anualmente, respectivamente. Podrá autorizarse un intervalo mayor en los exámenes microbiológicos en casos debidamente justificados. Se deberá llevar un Registro de los controles analíticos realizados con la indicación de la fecha de toma de muestra, registro que deberá ser mantenido por el término de dos (2) años.

Art 1019tris - (Res MSyAS 494 del 7.07.94) En la solicitud de aprobación del producto que se presente ante la autoridad sanitaria competente se deberá consignar además de las informaciones generales, las siguientes:
1) Lugar y/o situación de la o las captaciones del agua.
2) Descripción de los proyectos referidos a las obras de captación y/o recolección del agua, reservorios, canalizaciones, maquinarias, equipos y materiales empleados.
3) Sistemas y equipos para los procesos de decantación, filtración, cloración, gasificación y toda operación facultativa autorizada que se lleve a cabo.
Cuando por razones accidentales resulte necesario efectuar el saneamiento total o parcial del establecimiento deberán utilizarse hipocloritos alcalinos u otros desinfectantes autorizados. En todos los casos las tareas de desinfección se realizarán manteniendo en receso el proceso de producción. Todas las plantas deberán cumplir con las exigencias generales indicadas para los establecimientos que elaboran alimentos y a las particulares consignadas en el Artículo ll9 y en el Anexo del artículo 1017.

GASES

Art 1066 - (Res 2451, 10.11.88) El Anhídrido carbónico o Gas carbónico o Dióxido de carbono tanto en su estado líquido como gaseoso, que se emplea en la elaboración de bebidas gasificadas (hídricas, alcohólicas u otras) o como propelente, o como refrigerante por inyección directa sobre alimentos, deberá satisfacer las siguientes condiciones:

a) Dióxido de carbono: mínimo 99,8% en volumen, muestra extraída de la válvula de consumo de líquido de tanques de almacenamiento a granel o extraída con el cilindro en posición horizontal cuando se use este tipo de envase. En ambos casos la muestra tomada se debe encontrar al estado líquido.
b) Monóxido de carbono: máx 50 cm3/m3 (ppm en volumen).
c) Residuos no volátiles (aceites): máx 10 mg/kg (ppm en masa)
d) Dióxido de azufre: máx 5 cm3/m3 (ppm en volumen)
e) Hidrocarburos volátiles, expresados como metano: máx 20 cm3/m3 (ppm en volumen/)
f) Fosfina, sulfuro de hidrógeno y otras sustancias orgánicas reductoras capaces de reaccionar con el ión diamino argéntico en solución acuosa: deberá cumplir el ensayo (United States Pharmacopeia XVII Ed) Norma IRAM 41178.

Art 1067 - El Nitrógeno que se emplea como propelente u otros usos deberá contener no menos de 99% en volumen de N2; y no más de 1% en volumen de la mezcla de bióxido de carbono y oxígeno.

Art 1068 - El Óxido nitroso o Monóxido de Nitrógeno (N2O) que se emplea como propelente deberá contener no menos de 97% en volumen de N2O. No contendrá substancias oxidantes ni reductoras; sólo podrá contener no más de 0,5 mg de bióxido de carbono por litro (0,25 por 1000 ml de CO2).

HIELO

Art 1069 - Se entiende por Hielo, sin otro calificativo, el producto obtenido por congelación del agua potable al estado de reposo. Se presentará en bloques opacos y traslúcidos en capas delgadas, con aspecto turbio y lechoso.

Art 1070 - Se entiende por Hielo claro o semitransparente, el producto obtenido por congelación del agua potable agitada mecánicamente durante el proceso. Presentará un núcleo central opaco, siendo transparente en todo su espesor.

Art 1071 - Se entiende por Hielo cristalino o Hielo cristal, el producto preparado por congelación de agua destilada privada de aire. Presentará un aspecto transparente en toda su masa y al examen químico deberá responder a la materia prima empleada y por el examen bacteriológico a las condiciones establecidas para el agua potable.

CALIDAD DEL AGUA POTABLE (ANÁLISIS DE LABORATORIO Y LEGISLACIÓN)

Capítulo 3: Potabilización del agua dulce

(Las fotografías de la presentación, son propiedad del autor y publicadas oportunamente con sus fuentes en su Blog científico: SEGURIDAD ALIMENTARIA, BROMATOLOGÍA y MICROBIOLOGÍA de los ALIMENTOS: www.bagginis.blogspot.com)

- **EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN**

Sabemos de memoria que el agua potable es un bien vital escaso. Se estima que tan solo el 0,4 % del agua del planeta es apta para el consumo humano. Por eso, es fundamental invertir en la potabilización del agua, para asegurar que todo el mundo tenga acceso a este recurso vital. La potabilización del agua es el proceso por el cual se trata el agua para que pueda ser consumida por el ser humano sin que presente un riesgo para su salud. Se refiere tanto para beber como para preparar alimentos.

La potabilización consiste principalmente en eliminar sustancias que resultan tóxicas para las personas, como el cromo, el plomo o el zinc, así como algas, arenas o las bacterias y virus que pueden estar presentes en el agua. En definitiva, eliminar cualquier potencial riesgo para la salud de las personas. En los últimos años, el proceso natural del ciclo del agua, se está viendo afectado de manera negativa debido a todos los cambios que ocurren en el clima, así como su excesiva explotación por parte del ser humano y la contaminación. Todo ello también conlleva la acidificación de los océanos, que afecta de manera negativa tanto a la fauna como a la flora marinas.

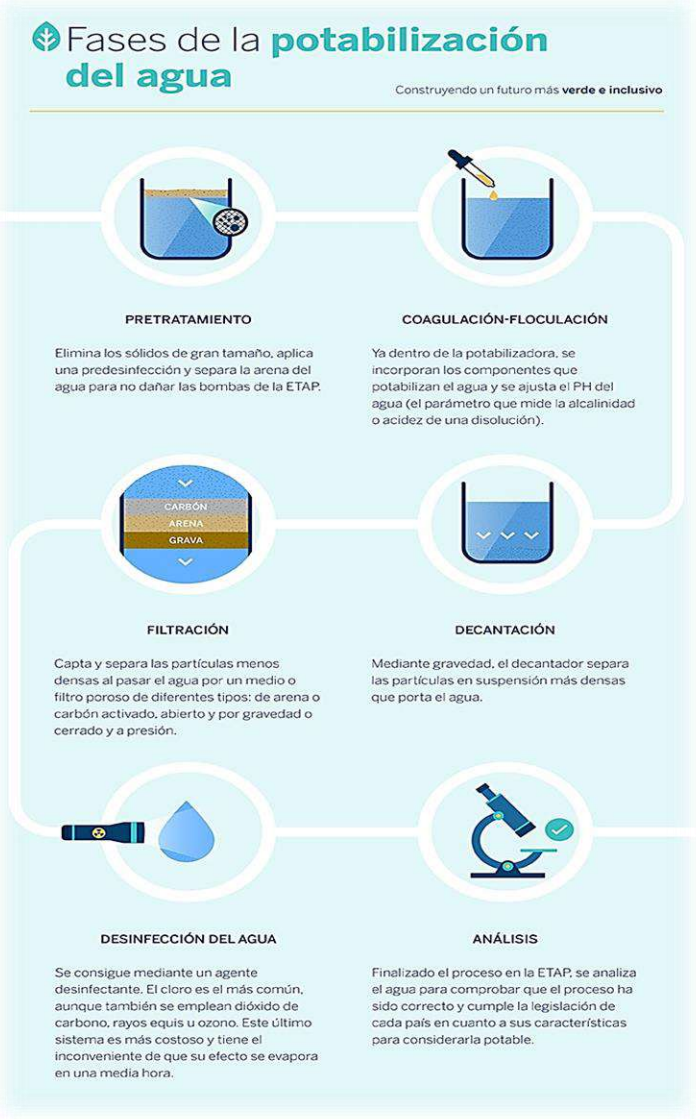
La potabilización varía dependiendo de dónde viene el agua, de la fuente que la irriga. Existen dos tipos fundamentales de fuentes: superficial (agua de un río o un lago, por ejemplo) y aguas con presencia de sales o metales pesados. En el primer caso, el proceso es más simple, y suele consistir en separar ciertos componentes del agua natural, seguido de la precipitación de impurezas, filtración y desinfección con cloro u ozono. El segundo caso es más complejo y suele darse en regiones con escasez de recursos hídricos. Un caso particular es la desalinización del agua de mar, que habitualmente emplea técnicas de ósmosis inversa o destilación. En ambos casos, gran parte del proceso tiene lugar en las **Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP), comúnmente conocidas como potabilizadoras.**

La potabilización gana terreno como capacidad estratégica para el futuro de la humanidad desde varios frentes: por ejemplo el aumento de la población en general y urbana en particular, junto con los desafíos del calentamiento planetario (el avance de la desertificación y las sequías, entre ellos) y el Objetivo Sostenible Nº 6 de Naciones Unidas: el derecho universal al acceso al agua de calidad y al saneamiento. Según la ONU, hoy 4.000 millones de seres humanos padecen escasez hídrica al menos un mes al año.

El enemigo sin embargo son más que nunca los microplásticos, mientras que el aliado, son las energías renovables. A la escasez de agua, que en el futuro podría agravar la crisis de las migraciones por causas climáticas, se añaden otros problemas medioambientales como el crecimiento de contaminantes muy complejos y difíciles de detectar, por ejemplo los microplásticos (partículas de tamaño ínfimo que pueden acabar en la dieta humana a través del consumo de fauna marina, aunque ya existen tecnologías experimentales capaces de filtrarlos. Esto hace que el sector del agua en su conjunto supere el 5% de crecimiento anual y pueda alcanzar en 2023 un mercado de casi 68.000 millones de euros, según previsiones de BBC Research. La dependencia económica del agua es enorme, por ejemplo la Unión Europea

estima que 3,4 billones de euros del PIB de la Eurozona son generados por sectores dependientes del agua, un 26% del PIB total de la región.

Como nuestro planeta está cubierto en sus tres cuartas partes por agua, pero tan sólo el 0,4% es potable, es necesario realizar un proceso de potabilización de la misma, que permita su consumo humano. La potabilización del agua es un proceso por el que se realiza el tratamiento del agua con el objetivo de convertirla en apta para su consumo sin que presente ningún tipo de riesgo para la salud. En las diferentes etapas de la potabilización del agua se llevan a cabo varios procesos y se usan tecnologías sofisticadas para eliminar todos los elementos nocivos para los seres humanos. Este procedimiento consiste en eliminar las sustancias como el cromo, el plomo o el zinc que pueden ser nocivas. En este proceso también se neutralizan otras como algas, arenas o las bacterias y virus. Eliminando todos los elementos que puedan ser peligrosos para la salud, se puede potabilizar todo tipo de agua, desde la procedente de un pozo hasta la del mar o la lluvia. Para que el agua se convierta en potable y pueda ser consumida por el ser humano debe recibir un tratamiento que siga una serie de estándares para conseguir la calidad perfecta del agua, acorde con los criterios determinados por las autoridades locales e internacionales. En definitiva, la potabilización del agua supone un procedimiento fundamental para asegurar que toda la población tenga acceso a este recurso vital



Mucha gente se pregunta cómo es la potabilización del agua, se realizan controles analíticos de calidad. La suma de las etapas para potabilizar el agua se realiza en aproximadamente 4 horas. En el caso de la potabilización del agua subterránea que provienen de pozos, el único tratamiento que requiere, generalmente, es la cloración. Esto se debe a que el agua suele ser más pura a grandes profundidades. Para confirmar que el agua ya es potable, debe ser inodora (sin olor), incolora (sin color) e insípida (sin sabor), además de satisfacer ciertos controles de calidad estándar. El suministro de agua potable es un problema que ha ocupado al hombre desde la Antigüedad. En la actualidad, y gracias a la Resolución de las Naciones Unidas, todos los Estados y organizaciones internacionales deben trabajar para proporcionar recursos financieros y/o propiciar el uso de tecnología que ayude a los países en vías de desarrollo a conseguir un suministro de agua potable y saneamiento saludable, limpio, accesible y asequible para todos.

En zonas con escasez de recursos hídricos como las zonas costeras, se puede obtener agua potable por desalinización mediante ósmosis inversa o destilación. El proceso de potabilización del agua está formado por seis etapas que permiten la purificación del agua y eliminar cualquier rastro de olor, sabor, etc. Para empezar, se eliminan elementos sólidos de gran tamaño con la colocación de una reja. Esta evita que se cuelen ramas y grandes objetos, además de proteger a peces que puedan ser absorbidos por el sistema. Después, con la ayuda de un desarenador, se separa la arena del agua para evitar que pueda dañar las bombas de la planta potabilizadora. En esta etapa también se lleva a cabo una predesinfección para destruir algunas sustancias orgánicas

En la captación, el agua se extrae desde las fuentes naturales, generalmente de los ríos. El agua proveniente de ríos requiere un proceso más completo en su tratamiento al estar expuesta a la incorporación de materiales y microorganismos. Luego, el agua captada se conduce hacia la planta Potabilizadora utilizando dos tipos de sistemas: **aducción o impulsión**. Si es por aducción el agua se transporta por gravedad (por su propio peso) ya que la fuente abastecedora está a un nivel más elevado que la planta potabilizadora; si la fuente de agua se encuentra a un nivel más bajo que la planta, el transporte del agua se realiza mediante bombas y se denomina impulsión.

- ## FLOCULACIÓN Y COAGULACION

La floculación – coagulación es una técnica química de tratamiento del agua que se aplica, típicamente, antes de un proceso físico de separación que suele hacerse por sedimentación o filtración, con el fin de mejorar su capacidad de eliminación de partículas. La coagulación neutraliza cargas y forma una masa gelatinosa que atrapa (o une) partículas, aumentando su tamaño de modo que puede quedar atrapada en el filtro o sedimentar. La floculación mueve suavemente o agita tales partículas, haciendo que se unan formando masas mayores que sedimentan con más facilidad o pueden ser filtradas.

Ventajas

- Simplicidad y rentabilidad
- Separa muchos tipos de partículas del agua
- Mejora el proceso de filtración

Desventajas

- Se requiere del uso de productos químicos
- Se requiere personal calificado para el diseño (por ejemplo, construcción de cámaras y dosificación de productos químicos)
- Es necesario realizar mantenimiento del sistema
- Se transfieren compuestos tóxicos a la fase sólida, con la formación de un lodo que debe ser tratado posteriormente
- Proceso relativamente largo

Las partículas disueltas y suspendidas están presentes en la mayoría de las aguas naturales. Estos surgen principalmente de la erosión de la tierra, la disolución de minerales y la descomposición de la vegetación, así como de algunos vertidos de desechos domésticos e industriales. Tal material puede incluir materia orgánica y/o inorgánica suspendida, disuelta, así como varios organismos biológicos, tales como bacterias, algas o virus. Este material debe eliminarse, ya que causa un deterioro de la calidad del agua al reducir la claridad (por ejemplo, causar turbidez o color) y, eventualmente, transportar organismos patógenos o compuestos tóxicos, adsorbidos en sus superficies.

Para separar las partículas disueltas y suspendidas del agua se utilizan procesos de coagulación y floculación. Estos son relativamente sencillos y rentables, siempre que haya sustancias químicas disponibles y que la dosificación se adapte a la composición del agua. Independientemente de la naturaleza del agua tratada y del sistema integral de tratamiento aplicado, generalmente se incluye el proceso de coagulación-floculación como pretratamiento (por ejemplo, antes de la **filtración rápida en arena**) o como etapa posterior al tratamiento después de la sedimentación (en plantas de tratamiento de aguas centralizadas).

La mayoría de los sólidos suspendidos en agua poseen una carga negativa, por lo que se repelen unos a otros. Este rechazo evita que las partículas se aglomeren, haciendo que permanezcan en suspensión. La coagulación y la floculación ocurren en pasos sucesivos destinados a superar las fuerzas que estabilizan las partículas suspendidas, permitiendo la colisión entre ellas y el crecimiento de masas ó flóculos, que luego pueden separarse o eliminarse del agua por medio de la sedimentación o la filtración.

En el tratamiento del agua, la coagulación y la floculación prácticamente siempre se aplican uno detrás del otro, antes de realizar la separación física. El proceso de coagulación-floculación-separación consta de los siguientes pasos:

1. Coagulación-floculación: uso de reactivos químicos para desestabilizar y aumentar el tamaño de las partículas y hacer que se agreguen en flóculos mediante agitación.
2. Una separación física de los sólidos de la fase líquida. Esta separación generalmente se logra por sedimentación (decantación), flotación o filtración.

Los reactivos comunes son: coagulantes minerales y/u orgánicos (típicamente sal de hierro y aluminio, polímeros orgánicos), aditivos de floculación (sílice activada, talco, carbón activado), floculantes aniónicos o catiónicos y reactivos de control del pH como ácidos o bases. Ciertos agentes quelantes (secuestradores) de metales pesados también pueden agregarse durante el paso de la coagulación. La coagulación desestabiliza las cargas de las partículas.

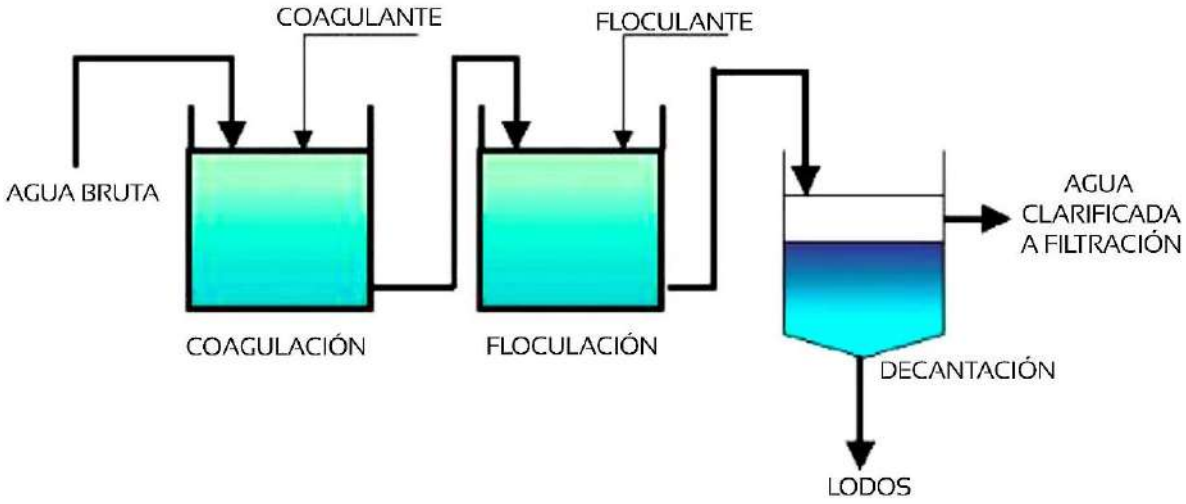
El proceso puede variar en función de las condiciones naturales del territorio:

- Si la fuente del agua es superficial (río o lago), el tratamiento consiste en un proceso de separación de ciertos componentes del agua natural. Luego se continúa con la eliminación de impurezas, la filtración y la desinfección con cloro u ozono.
- Si el agua tiene presencia de sales y/o metales pesados, el proceso es mucho más complicado y costoso por el riesgo que suponen estos elementos.

Las bombas de baja presión transportan el agua a una cámara de mezcla. Ahí se incorporan los componentes para la potabilización del agua. En esta fase se ajusta el pH añadiendo ácidos o de álcalis y se añaden al agua agentes coagulantes. En la floculación propiamente dicha, se eliminan las partículas en suspensión , aplicando agentes químicos que producen que estas partículas se unan formando **flocs**. Esta aglomeración de partículas, al ser más pesada que cada partícula individual, se asienta, eliminando la turbiedad y permitiendo que el agua pueda clarificarse. Los coagulantes con cargas opuestas a las de los sólidos en suspensión se agregan al agua para neutralizar las cargas negativas sobre sólidos dispersos no decantables tales como arcilla y sustancias orgánicas. Una vez que la carga se neutraliza, las partículas suspendidas pequeñas son capaces de pegarse unas a otras. Las partículas, un poco mayores, formadas a través de este proceso se llaman microflóculos y resultan ser demasiado pequeñas para ser visibles a simple vista. Se necesita una mezcla o agitación rápida, de alta energía, para dispersar adecuadamente el coagulante y promover las colisiones de partículas, consiguiendo una buena coagulación y formación de los microflóculos. El exceso de mezcla no afecta la coagulación, pero de ser insuficiente dejará este paso incompleto. El tiempo de contacto adecuado en la cámara de mezcla rápida es típicamente de 1 a 3.

El paso siguiente a la coagulación es la floculación, etapa donde se realiza una mezcla suave, que aumenta el tamaño de las partículas de microflóculos submicroscópicos a partículas suspendidas visibles. Estos microflóculos se ponen en contacto entre sí mediante el proceso de mezcla lenta. El choque de las partículas de microflóculos hace que se unan para producir flóculos más grandes y visibles. El tamaño del flóculo continúa creciendo a través de choques o colisiones adicionales y la interacción con polímeros inorgánicos formados por el coagulante o polímeros orgánicos añadidos, formando así los llamados macroflóculos. Se pueden agregar polímeros de alto peso molecular, llamados floculantes, durante este paso para ayudar no sólo a unir y fortalecer el flóculo, sino también para aumentar el peso y la velocidad de sedimentación. Una vez que el flóculo ha alcanzado su tamaño y resistencia óptimos, el agua está lista para el proceso de separación (sedimentación, flotación o filtración). Los tiempos de contacto de diseño para la floculación varían de 15 o 20 minutos a una hora o más.

La coagulación-floculación es un método de pretratamiento convencional (típicamente en combinación con sedimentación y filtración rápida en arena) utilizado para separar los compuestos suspendidos y disueltos (turbidez) del agua, en las plantas de tratamiento de agua potable (semi) centralizadas. Dentro de estos compuestos separados están minerales suspendidos, orgánicos, patógenos, iones metálicos, fosfatos, fluoruros y radionucleidos. La concentración de reactivos químicos (floculantes y coagulantes) debe ajustarse adecuadamente a la composición exacta del agua. La operación de coaguladores, floculadores y clarificadores requiere operadores capacitados. El trabajo de mantenimiento debe realizarse regularmente para garantizar un tratamiento eficiente.



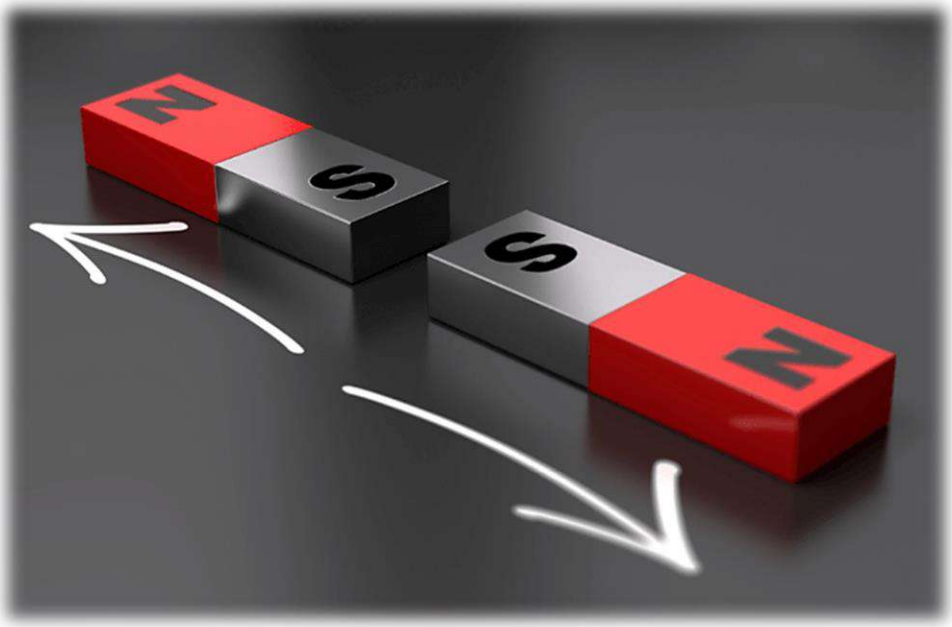
La presencia de partículas suspendidas y disueltas, orgánicas e inorgánicas, en el agua se puede medir a través del parámetro denominado turbidez del agua. El nivel de esta en el agua potable es importante, no sólo por razones estéticas ya que un valor alto puede ocasionar el rechazo inmediato de su uso por parte del consumidor, sino también por razones desinfectantes, debido a que funciona como un indicador de presencia de materia orgánica y microorganismos que requieren ser tratados por un proceso de desinfección (por ejemplo, cloro). La eliminación de la turbidez se realiza mediante el proceso de coagulación-floculación-separación en las plantas potabilizadoras, llevando el agua a valores inferiores a 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez). La operación de coaguladores, floculadores y clarificadores requiere operadores capacitados. El trabajo de mantenimiento debe realizarse regularmente. Los aspectos clave de operación y mantenimiento de coaguladores, floculadores y clarificadores son:

- Inventario químico: debe haber un buen inventario, al menos suficiente como para un mes de operación.
- Control de dosificación: la dosificación correcta de sustancias químicas coagulantes es muy importante para la eliminación eficiente y efectiva de los sólidos suspendidos. Por este motivo, se deben realizar regularmente muestras de agua sin tratar para ser analizadas con una gama de concentraciones de coagulantes (prueba de jarras) y, así, determinar la tasa de dosis óptima de coagulante.
- La mezcla rápida del agua y los productos químicos coagulantes en el punto donde estos últimos se agregan es esencial.
- La floculación debe lograrse a través de una mezcla o agitación suave para maximizar el número de colisiones entre las partículas suspendidas y los flóculos, sin romperlos o disolverlos mediante una mezcla rápida.
- Diseño de la planta: el floculador y los clarificadores deben ubicarse uno cerca del otro y el agua debe fluir lentamente entre ellos para no romper los flóculos.

Durante el curso del tratamiento de coagulación-floculación, se genera una cantidad sustancial de lodo procedente del proceso de sedimentación. Este lodo puede reutilizarse como fertilizante para la agricultura cuando no hay compuestos tóxicos. En presencia de lodo tóxico, los desechos sólidos deben tratarse o eliminarse de manera ambientalmente adecuada.

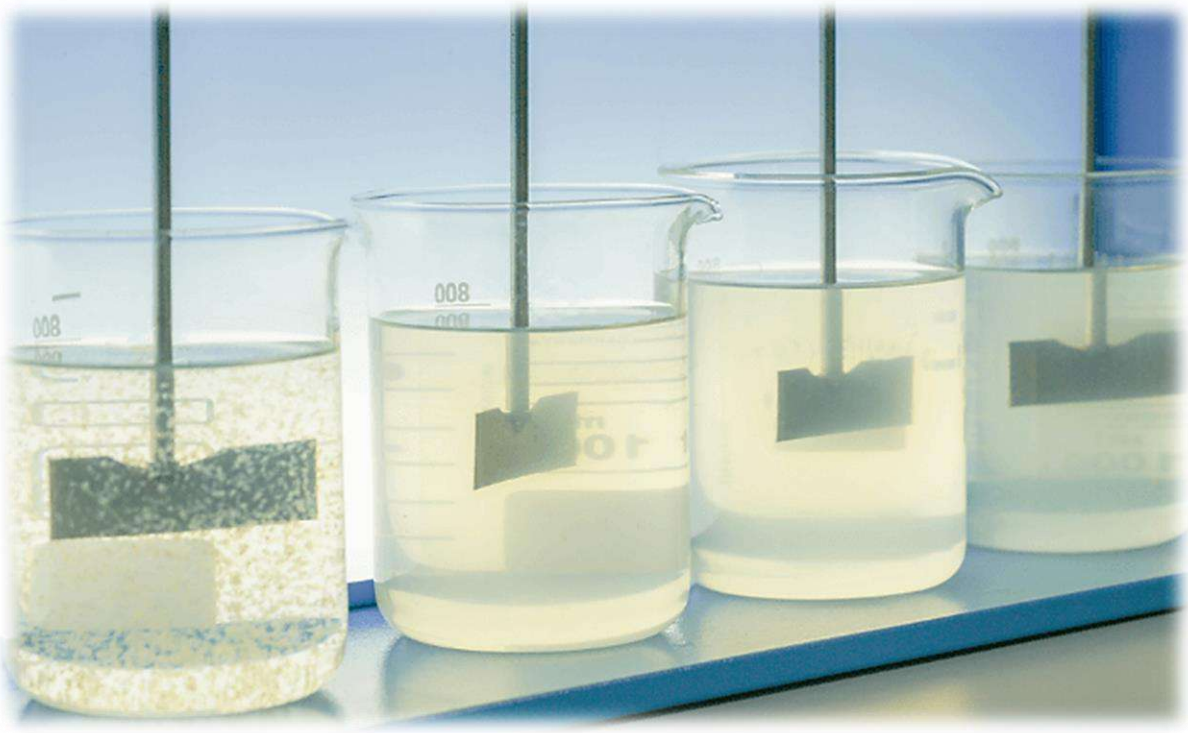
Ambos procesos requieren que se agreguen tanto agitación física como coagulantes al proceso de tratamiento del agua. Esto optimiza el tiempo de procesamiento, la calidad del agua y el costo del tratamiento. En última instancia, los procesos de coagulación y floculación convierten el agua turbia en agua clara al acelerar el tiempo que tardan las partículas en asentarse. Una vez que estas partículas se han asentado, se pueden filtrar.

La coagulación es el proceso que neutraliza los sólidos suspendidos cargados en el agua. Como las partículas naturales son típicamente negativas, los coagulantes o productos químicos cargados positivamente se agregan al proceso para neutralizar la carga. Los coagulantes alteran la carga eléctrica de las partículas suspendidas, lo que hace que se aglutinen: es un proceso de neutralización de carga. Imagine un imán: no es posible unir dos polos negativos en un imán, ya que la carga similar crea una fuerza repelente. Al igual que los imanes, las partículas coloidales que llevan la misma carga se repelen entre sí. Cuando millones de partículas se repelen entre sí, la claridad del agua disminuye. La neutralización de la carga eléctrica permite que las partículas se agrupen formando flóculos. A partir de este punto, las partículas agrupadas se pueden filtrar. No obstante; cuanto más grandes sean los flóculos de partículas, más fácil será filtrarlos. El proceso de aumentar el tamaño de los flóculos se conoce como floculación.



Hay dos tipos diferentes de coagulantes que se utilizan: orgánicos e inorgánicos. Los coagulantes inorgánicos, o sales inorgánicas, suelen ser un tipo de sal de aluminio o hierro. El sulfato de aluminio, comúnmente conocido como alumbre, y el cloruro férrico son populares y muy utilizados. Sin embargo, para que sea eficaz, el coagulante debe aplicarse y agregarse al agua en proceso correctamente.

La determinación de la cantidad y el tipo de coagulante utilizado cambia según una variedad de condiciones del proceso. Muchas condiciones externas y ambientales diferentes afectan la forma en que se trata el agua cruda, lo que cambia la cantidad y el tipo de productos químicos que debe usar la planta de tratamiento. Por ejemplo, una lluvia intensa tendrá un gran impacto en el agua influente o cruda en una planta de tratamiento municipal. La prueba de la jarra es un método estándar en el que se prueban varias cantidades de coagulante y tiempos de floculación en una muestra de agua cruda. Se deben probar varias muestras antes de la implementación en un volumen mayor del proceso de tratamiento. Los coagulantes orgánicos, también conocidos como polímeros, se utilizan de manera predominante en los procesos de tratamiento de agua. Si bien los polímeros son más caros por peso en comparación con los coagulantes inorgánicos, se puede usar en menor cantidad.

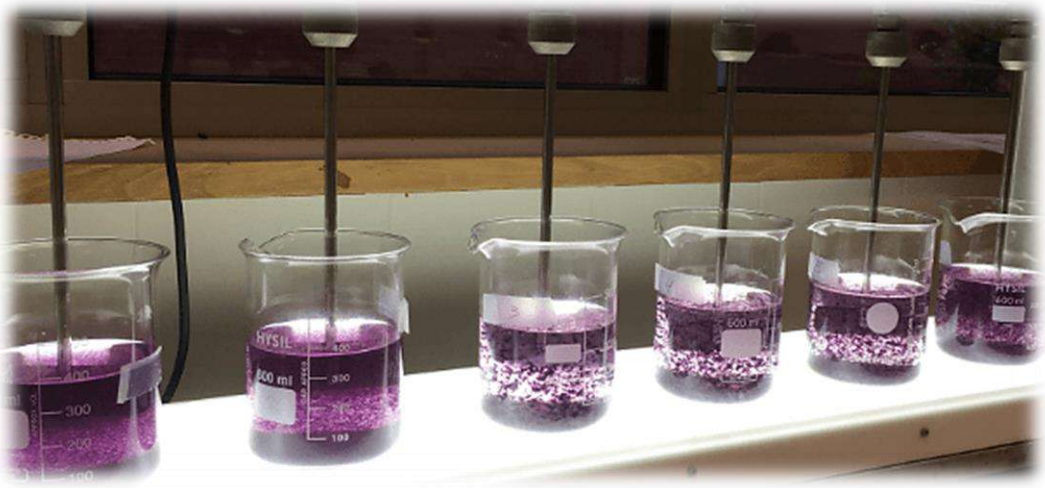


Además, el proceso de coagulación utiliza fluidos de mayor viscosidad para tratar el agua. Por lo general, hay dos tipos de fluidos viscosos que se encuentran en estos procesos: newtoniano y tixotrópico. Los fluidos newtonianos tienen una viscosidad que no cambia en función de la tensión mecánica que se les aplica, mientras que los fluidos tixotrópicos tienen una viscosidad que cambia bajo la aplicación de tensión mecánica o cizallamiento. La viscosidad tixotrópica también se conoce como adelgazamiento por cizallamiento, y la viscosidad se reduce con el tiempo a medida que el fluido cizalla. Por esta razón, es importante seleccionar un producto de bombeo que sea compatible con viscosidades más altas.

Si bien el proceso de coagulación es crucial, también puede ser costoso. El costo se determina principalmente por la cantidad de productos químicos que se utilizan en el proceso. Si bien el polímero puede ser más caro por peso, puede ser más eficaz que una sal inorgánica. La eficacia del polímero se puede aumentar si se prepara el volumen de polímero adecuado para asegurarse de que reaccione por completo con el agua del proceso, lo que a su vez reduce el uso de polímero y puede tener una ventaja de costo sobre la sal inorgánica. Los productos químicos inorgánicos requieren que el operador de la planta de tratamiento logre un equilibrio que requiere una dosificación precisa de los productos químicos. Es probable que demasiado producto químico requiera corrección del pH; mientras que, una cantidad insuficiente, puede resultar en un tiempo de procesamiento adicional para alcanzar la condición deseada.

Los procesos de coagulación requieren mucho tiempo y, por esa razón, pueden resultar costosos. Es importante que las plantas de tratamiento de agua optimicen su proceso con tecnologías rentables. Los dispositivos de medición, como los detectores de corriente de flujo, miden la densidad de carga neta de las partículas en una muestra de agua. Estos dispositivos ayudan a mejorar y agilizar los procesos de coagulación porque miden cómo está funcionando el proceso en tiempo real. Además, la mezcla instantánea puede ser una limitación importante para los agitadores en los procesos de coagulación. La mezcla instantánea en el proceso de coagulación requiere un flujo vigoroso en un período de tiempo muy corto, por lo general, menos de un minuto. Por esta razón, es importante seleccionar un motor y un impulsor adecuados para lograr los resultados deseados.

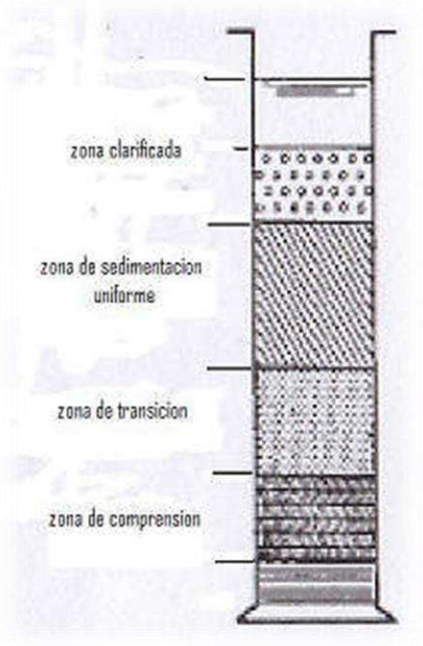
Mientras que la coagulación es principalmente un proceso químico; la floculación es el agrupamiento de partículas a través de un proceso físico. Una vez que ha tenido lugar el proceso de coagulación, el proceso de floculación comienza con la agitación o mezcla del fluido. Esto permite que algunos de los sólidos suspendidos comiencen a unirse y a formar grupos más grandes. Este proceso es asistido por la adición de floculantes y mezcladores. Una vez neutralizada la carga de las partículas coloidales, mezclar el fluido del proceso permite que se junten más partículas. El objetivo de este proceso es que las partículas agrupadas alcancen un estado en el que se puedan filtrar con más facilidad. La mezcla del agua del proceso con la adición de floculantes permite que las partículas coloidales se peguen y formen grupos cada vez más grandes. El desafío de este proceso es que se debe agitar el líquido sin separar las partículas. Por esta razón, es importante considerar el cizallamiento de mezcla en el fluido.



- **DECANTACIÓN Y FLOTACION**

La misión de la **decantación** es eliminar partículas, ya sea por sedimentación o flotación, partículas que en el caso del tratamiento del agua pueden proceder de sustancias disueltas, que por la vía de la oxidación han pasado a insolubles (hierro y manganeso disueltos, que por oxidación pasan a su estado oxidado insoluble) o por las propias partículas coloidales en suspensión existentes en el agua bruta, la mayoría de las cuales por coagulación -floculación han pasado a ser sedimentables. Otras sustancias disueltas, pueden quedar adheridas o adsorbidas por los coágulos-flóculos y son eliminadas de esta forma. Siguiendo la **Ley de Stokes para la sedimentación**, el tiempo necesario para la sedimentación de una partícula de arena de 1 mm. de diámetro, sería de 10 segundos, para una partícula de arena fina de 0,1 mm, sería de 2 minutos y para una partícula de arcilla de 10 µm, el tiempo sería 2 horas. Para una bacteria (1µm), el tiempo sería unos 8 días y para las partículas coloidales de tamaños entre 100 nm y 1 nm, el tiempo en sedimentar estaría entre 2 y 200 años. De ahí la necesidad de una agregación de las partículas de forma que aumente el tamaño y la velocidad de sedimentación, que es lo que se consigue con la coagulación-floculación. Una vez formados los flóculos por la agregación de las partículas coloidales en suspensión, hay que proceder a la separación de éstas. Esta separación, si no se está siguiendo el proceso de filtración directa, tiene lugar por sedimentación en los decantadores.

Si la concentración del flóculo es pequeña, estos en su caída y sedimentación, no se comportan como una partícula granular independiente, sino que, debido al coagulante empleado su sedimentación está afectada en parte por la naturaleza de éste, considerándose por tanto, como una sedimentación difusa. Cuando la concentración es más elevada (del orden de 0,5 gr/l), la sedimentación de los flóculos en conjunto se ve frenada, distinguiéndose más fácilmente la separación entre la masa de flóculos y el líquido. A este tipo de sedimentación lo denominamos sedimentación en bloque o pistón.



Para estudiar o conocer la sedimentación de una suspensión floculada se suele partir de una suspensión con una concentración distribuida uniformemente e introduciendo una muestra en una probeta transparente y permitiendo que los lodos vayan sedimentando paulatinamente. Comenzará a observarse como se va formando con el paso del tiempo una serie de zonas con diferentes características relacionadas con la velocidad de sedimentación: Una primera zona en la parte superior o zona clarificada donde las partículas descienden con velocidad creciente, sedimentando más rápidamente la partícula inferiores. Se pasa después a una zona donde la velocidad de caída es considerada casi constante y siendo la concentración de partículas mayor que la concentración inicial introducida en la probeta, a esta zona se la conoce como zona de sedimentación uniforme, posteriormente se llega a la zona inmediata inferior, con una disminución de la velocidad de sedimentación y una mayor concentración, es la zona de transición o de espesamiento, para acabar en la zona de comprensión donde es mayor la concentración de partículas.

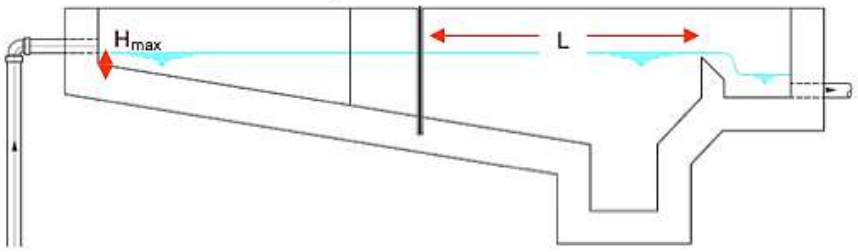
Al cabo del tiempo en una suspensión floculante las fases intermedias desaparecen y los sólidos se irán depositando lentamente bajo su propio peso y a su vez el agua intersticial va subiendo a la zona clarificada. En la sedimentación de suspensiones con alta concentración de partículas floculadas, suele ocurrir que entre los espacios o intersticios entre partículas que están sedimentando, suba el agua hacia arriba ocasionando que algunas de la partículas más pequeñas suban también hacia arriba o queden suspendidas.

Cálculo de las dimensiones del desarenador

Datos de Diseño			Resultados			
Velocidad Horizontal (m/s)	V_h	0,15	Sección transversal máxima (m^2)	$A_{máx}$	$Q_{mh}/(V_h x 1000)$	0,0153
Ancho mínimo (m)	B	0,30	Altura útil máxima (m)	$H_{máx}$	$A_{máx}/B$	0,0511 ~ 0.05 m
Tasa de sedimentación de la Arena ($m^3/m^2 xh$)	q_s	22	Área superficial útil (m^2)	A_s	$Q_{mh}x3,60/q_s$	0,376
			Longitud (m)	L	A_s/B	1,255 ~1,26

Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural

Esquema del desarenador – planta

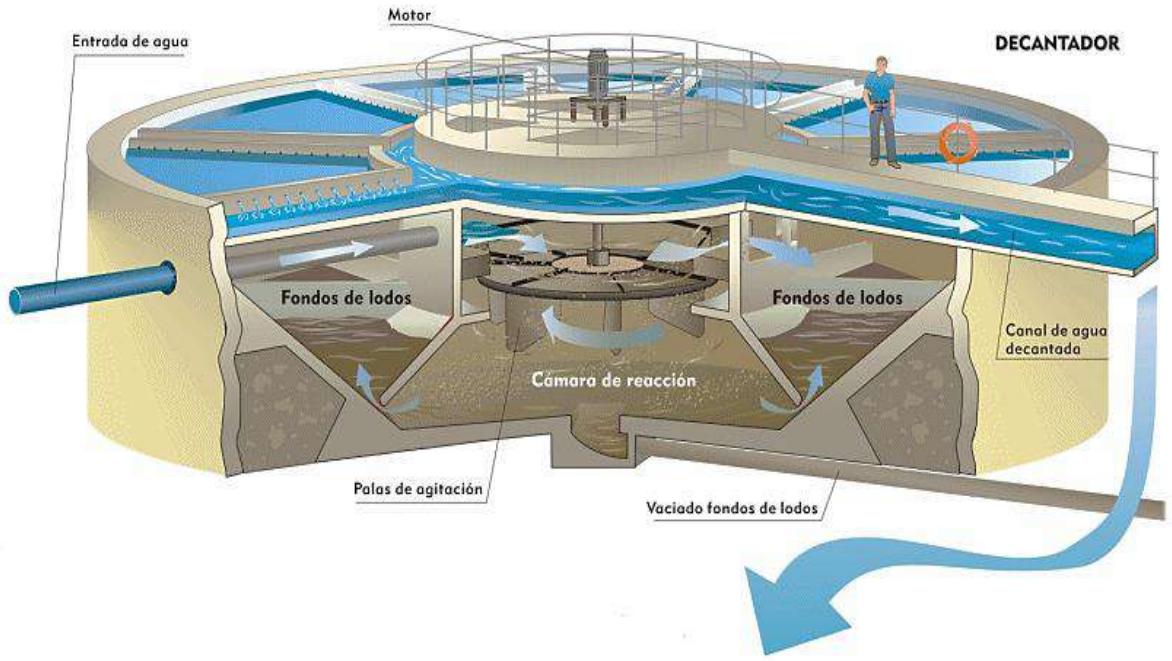


Los **decantadores de flujo horizontal** están dentro del tipo de decantadores, conocidos como estáticos, siendo muy empleados los decantadores rectangulares horizontales. En estos decantadores, está claramente separada la zona de coagulación y floculación de la sedimentación y no hay masa de lodos en el sentido de movimiento de los dos tipos anteriores. Los lodos depositados en el fondo de estos decantadores, son arrastrados por un sistema de rasquetas a las zonas de evacuación, o bien se extraen directamente a través de un sistema de fosas de recogida repartido por toda la superficie del fondo del decantador. Algunos decantadores rectangulares horizontales actualmente en servicio, en algunas estaciones de tratamiento, disponen de un sistema de extracción de lodos muy ineficaz, lo componen una serie de tubos perforados, colocados solamente en un sector relativamente reducido de la superficie del decantador. Este diseño dificulta la extracción del lodo depositado en las zonas donde no están estos tubos originándose acumulaciones indeseadas. En estos casos al final hay que recurrir a eliminar este sistema e instalar un diseño de arrastre que dirija el lodo a las zonas de evacuación.

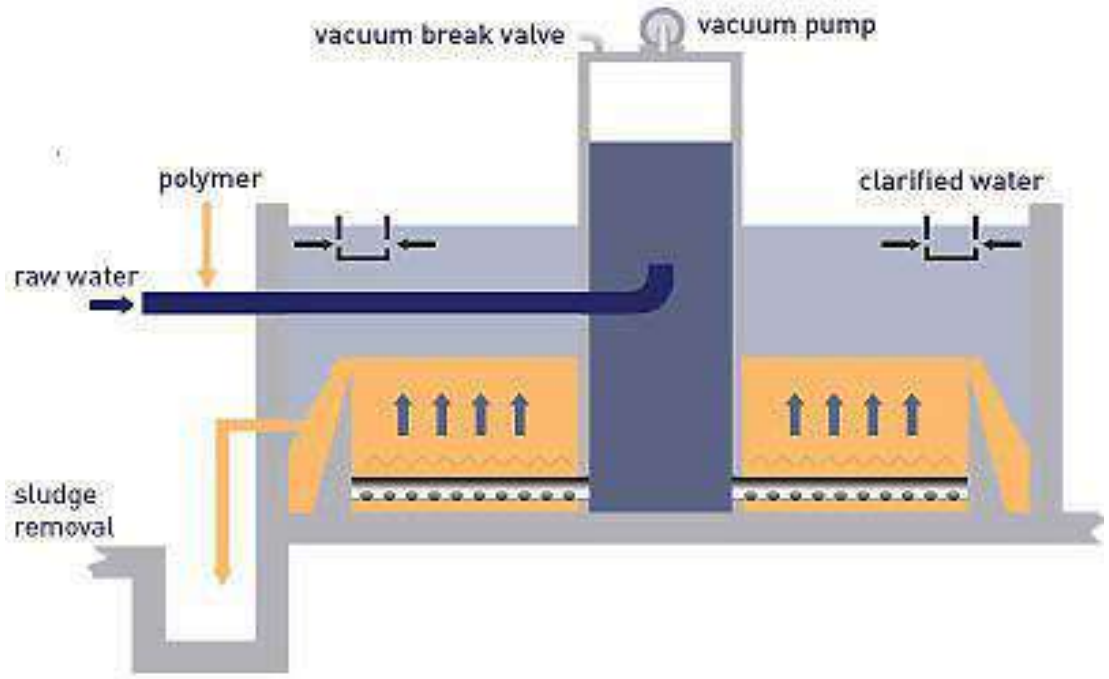
En los **decantadores de manto de lodos**, para que el agua coagulada, agua con partículas coloidales desestabilizadas, puedan flocular y sedimentar es necesario ponerlas en contacto unas con otras. En este tipo de unidades la posibilidad de encuentro o aglomeración de estas partículas es función de su concentración en el agua bruta. El contacto entre las partículas se consigue por medio de una agitación lenta. Para conseguir que los fangos se separen del líquido se emplean distintas alternativas o tipos de decantadores:

- Decantadores de separación dinámica;
- Decantadores de manto de lodos pulsantes;
- Decantadores de agitación simple.

Decantadores de separación dinámica o de recirculación: Estas unidades utilizan una turbina que gira a alta velocidad colocada en el centro del tanque, la cual impulsa el flujo hacia abajo, de forma que las partículas que descienden empujadas por la energía mecánica de la turbina choquen con las que ascienden con el flujo del tanque. Estos tanques presentan cuatro zonas: una de mezcla y reacción (mezcla primaria), otra de mezcla lenta y floculación (mezcla secundaria), otra de manto de lodos y otra de agua clarificada, que comprende hasta las canaletas de salida. El agua bruta es introducida en la mezcla primaria y en la zona de reacción, donde une con las sustancias químicas en presencia de sólidos formados durante reacciones previas. La presencia de estos sólidos acelera las reacciones, la mezcla primaria es llevada luego a la secundaria, donde continúa el contacto con la suspensión para luego descargar exterior e interiormente, es decir, recirculando y llevando hacia los concentradores una parte de dichos sólidos. El agua clarificada pasa a las canaletas de recolección de agua decantada. En los decantadores de recirculación, los lodos que se separan del agua clara en la zona de decantación, son recirculados gracias a la agitación de una turbina a la zona de mezcla (campana central), donde se encuentran con el agua bruta y coagulante, que está entrando de forma continua. El exceso de lodos, cada vez más concentrados, van precipitándose hacia el fondo del decantador ,de forma troncocónica, y a través de unas rasquetas móviles, se introducen en las fosas de purga. El agua clarificada, es decantada a través de una serie de canaletas o vertederos distribuidos superficialmente. La agitación o mezcla del reactivo con el agua a tratar debe ser lo suficientemente lenta para impedir la rotura del flóculo ya formado y vuelva a originarse una nueva suspensión coloidal.



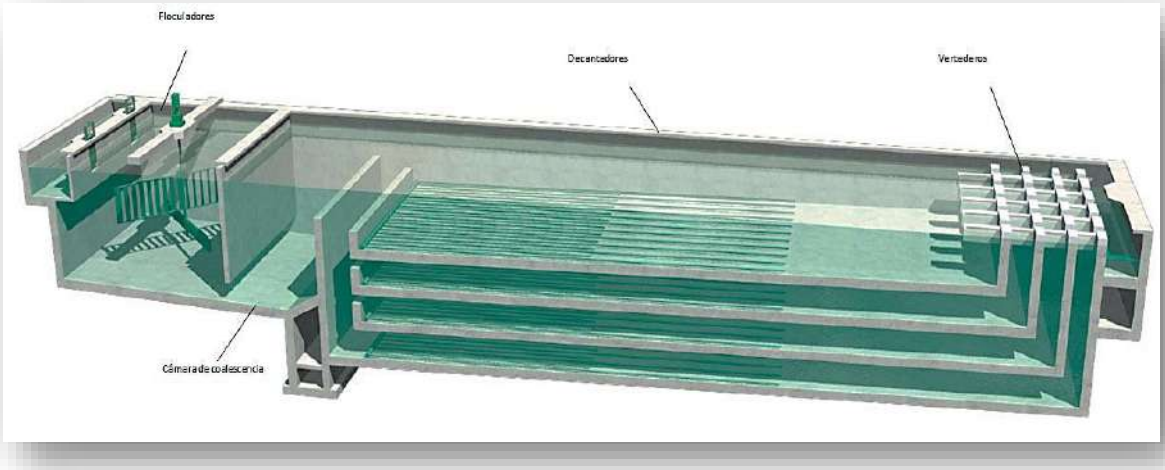
Decantadores de manto de lodos pulsantes:



En los decantadores de lecho de fango, no hay recirculación de fango, sino que existe una masa de lodos en la parte inferior del decantador, sometida a expansión de abajo hacia arriba por la impulsión del agua bruta coagulada . Los lodos a extraer se van. depositando en unas fosas o concentradores y el agua clarificada es decantada ,igualmente , mediante canaletas o vertederos superficiales. En el decantador de lecho de fangos con pulsación , el agua entra a la zona de decantación a través del lecho de fangos , de forma intermitente mediante pulsaciones conseguidas por el vacío creado en una campana central. Debido a este vacío, el nivel del agua en la campana se eleva y al alcanzar un cierto nivel; de acuerdo con una secuencia predeterminada, un dispositivo apropiado, pone la campana en comunicación con la atmósfera, con lo que el agua entrará en la zona de decantación. Los lodos van depositándose en unas arquetas de concentración , de donde son extraídos periódicamente.

La descarga del agua de la campana de vacío a las tuberías de distribución se produce cuando el agua alcanza un nivel determinado(entre 0,6 y 0,80 metros). Este nivel de agua se regula de forma que mediante el adecuado mecanismo electromecánico se permita la apertura de las válvulas de descarga a la atmósfera. Las descargas de agua de la campana realizadas en forma intermitente producen una agitación en el interior del decantador que permite el contacto entre las partículas coaguladas, aumentando así el tamaño y volumen de estas, para formar una masa de lodos llamada “manto de lodos”. La altura que usualmente debe alcanzar el manto de lodos es de 1,5 metros, y debe coincidir con el nivel del vertedero de los concentradores de lodos. La eficiencia del decantador de lodos es función del grado de compactación del manto de lodos y del porcentaje de concentración de lodos. El exceso de lodos formado pasa a los concentradores de lodos, para ser eliminados por medio de las válvulas de purgas que pueden ser accionadas en forma manual o automática.

Decantadores de agitación simple: Suelen ser tanques circulares en los que el agua entra por la parte inferior y están provistos de un agitador mecánico que gira lentamente en el fondo con el fin de mantener las partículas coaguladas en suspensión y recoge los lodos en un concentrador del cual son extraídos periódicamente. Presentan cuatro zonas: de reacción, de floculación, de recolección de lodos y de agua clarificada. Es de suma importancia la regulación de la velocidad de agitación para conseguir una óptima floculación, en función de la turbiedad del agua bruta y de la dosis de coagulante empleado. Si se observa la presencia de grandes cantidades de flóculos en la superficie, se deberá disminuir la velocidad de agitación



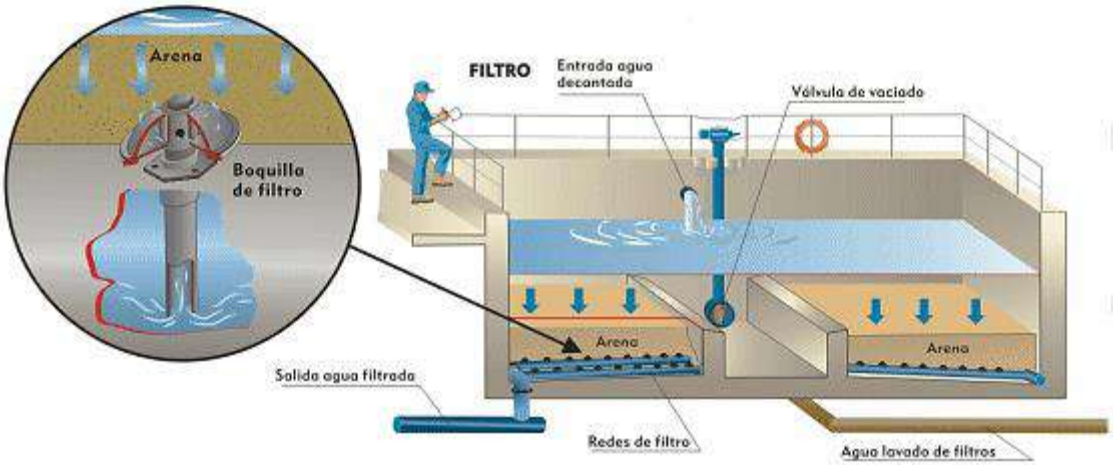
Finalmente, mencionaremos a los **decantadores lamelares**, basados en el efecto del plano inclinado, logrado al introducir una serie de placas inclinadas, con lo cual se consigue la máxima superficie de decantación así como la menor reducción del tamaño y coste en comparación con un decantador de gravedad. Las partículas que se encuentran entre las placas lamelares están sometidas a la fuerza del arrastre por parte del fluido y a la gravedad, el vector resultante de ambas fuerzas hace caer a las partículas sobre las placas inclinadas y van resbalando hacia la parte inferior de recogida, generalmente se aplica a los decantadores estáticos, mejorándose el rendimiento de la sedimentación.

En el cálculo de los decantadores lamelares o en la reconversión de un decantador simple a un decantador lamelar, hay que tener muy en cuenta y no confundir las dimensiones de los bloques lamelares con las del propio decantador. Es fundamental tener en cuenta las dimensiones del decantador a la hora de acoplarle los bloques o paquetes lamelares, la distancia del suelo del decantador a los bloques lamelares con objeto de evitar turbulencias, la colocación de los bloques con respecto a la entrada del decantador, etc. En cuanto al sistema que presenta el decantador lamelar para la extracción de lodos no debe olvidarse que en un decantador lamelar el caudal de agua a tratar es muy superior al de ese decantador sin lamelas, por tanto el volumen de lodos generado es también muy superior y por tanto hay que dimensionar perfectamente el sistema de purgas y procurar que no se obture el lamelar por un exceso de lodos. En general las partículas sometidas a esta sedimentación suelen ser flóculos de baja densidad lo que requiere que las placas inclinadas estén colocadas con un ángulo de 60°, de esta forma las partículas resbalan y descienden al fondo del decantador de donde serán evacuadas. El volumen o capacidad de la zona de recogida de lodos debe ser el suficiente para evitar turbulencias que podrían arrastrar hacia la superficie parte de estos lodos.

El proceso de **Flotación**, es aquél en el que predominan los fenómenos físicos y que se emplea para la separación de partículas de una fase líquida. La separación se consigue introduciendo finas burbujas de gas, normalmente aire, en la fase líquida. Estas burbujas se adhieren a las partículas disminuyendo la densidad de las partículas provocando que el conjunto partícula-burbuja de aire suban hasta la superficie del líquido. De esta forma, es posible hacer ascender a la superficie partículas cuya densidad es mayor que la del líquido. Una vez las partículas se hallan en superficie, pueden recogerse mediante un rascado superficial .Las burbujas de aire son microburbujas, de diámetros del orden de 15-100 micrómetros y burbujas medianas (100-600 micrómetros). Para facilitar el proceso de flotación se suelen incorporar reactivos químicos, algunos inorgánicos como las sales de hierro y aluminio con objeto de agregar las partículas sólidas, de manera que se cree una estructura que facilite la adsorción de las burbujas de aire. También se pueden emplear diversos polímeros orgánicos.

- **FILTRACION**

En general, se considera a la filtración como el paso de un fluido a través de un medio poroso que retiene la materia que se encuentra en suspensión. En las principales instalaciones de filtración ,los filtros sueles ser abiertos, mientras los filtros cerrados suelen utilizarse para instalaciones pequeñas (menor de 40m3/h). En las instalaciones de filtración de las estaciones de tratamiento de agua, el medio poroso suele ser generalmente arena, arena + antracita o bien carbón activado en grano, y la materia en suspensión está constituida por flóculos o microflóculos procedentes de la etapa anterior de decantación o bien formados expresamente cuando se sigue el proceso conocido como "microfloculación sobre filtro" o filtración directa.



Los filtros de estas instalaciones, generalmente son abiertos, con velocidades de filtración entre 6 y 15 m/h, empleándose los filtros cerrados a presión en instalaciones pequeñas (menores de 50 m3 /h). El material filtrante suele ser arena. Se emplea también otros materiales como carbón activado en grano, pero en este caso se aprovecha la capacidad de adsorción del carbón activado para retener sustancias en impurezas orgánicas por el fenómeno de adsorción. Un material que se ha desarrollado recientemente y que puede sustituir o trabajar conjuntamente con la arena es la arcilla expandida, una especie de agregado de partículas de cerámica muy ligeras, como pequeñas piezas duras de esponjas con poros internos de varios tamaños, lo que hace a este material muy apto como medio filtrante en los procesos de tratamiento del agua. En contraste con la arena clásica y gracias a la estructura porosa este volumen de poros presenta una gran superficie interna, es un medio de filtración más abierto que esta, ya que añade a la capacidad convencional de retención de los granos de arena la capacidad de retener partículas en el interior de los poros, proporcionando así un mayor espacio para almacenar partículas. A su vez y como los poros son más pequeños que los espacios entre los granos de arena, estos granos de arcilla expandida pueden atrapar partículas más pequeñas que podrían llegar a escapar a través de los intersticios entre los granos de arena.

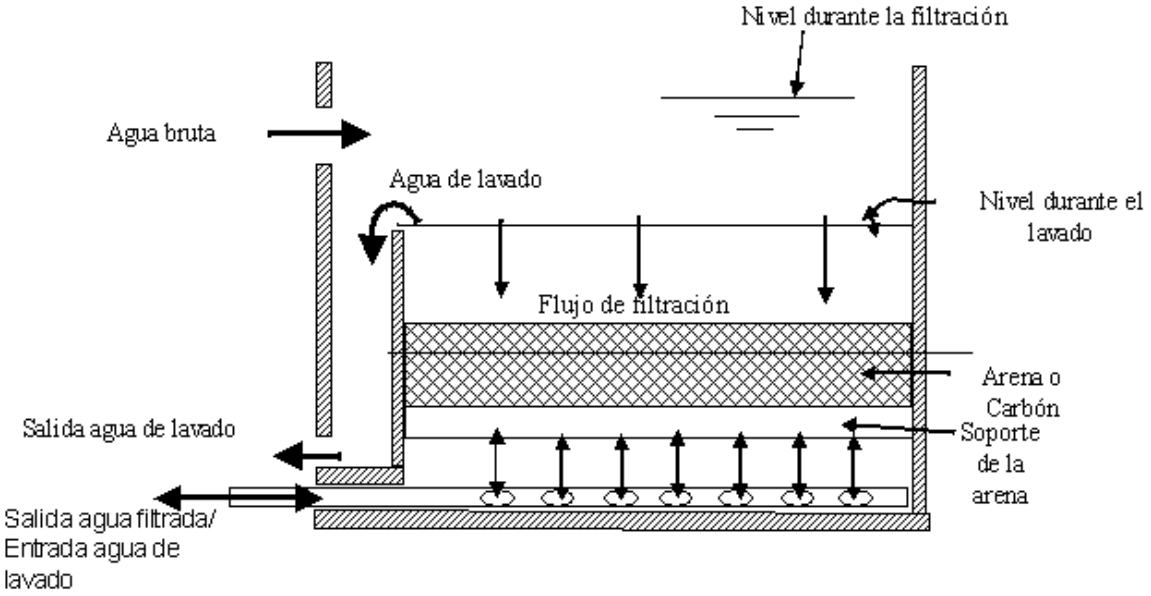
Las materias en suspensión retenidas por los medios filtrantes en la superficie de los granos lo son por diversas fuerzas:

- Fuerzas eléctricas, ligadas a la desestabilización de los coloides al anularse las fuerzas de repulsión electrostática entre partículas.
- Fuerzas de cohesión de London-Van Der Waals.
- Fuerzas de adhesión pericinética, debidas al movimiento browniano.
- Fuerzas de adhesión ortocinética, debidas al gradiente de velocidad.

De todo ello se desprende la importancia del tipo de superficie de los materiales filtrantes en la eficacia de la retención de las materias en suspensión.

Uno de los parámetros más indicativos del comportamiento del filtro es la turbidez del agua filtrada. Al comenzar el período de filtración, partiendo de un lecho filtrante limpio, hay un período inicial de tiempo, relativamente corto, conocido como "período de maduración" en el cual la turbidez del agua filtrada va disminuyendo hasta alcanzar un punto a partir del cual la turbidez se mantiene casi constante un período largo de tiempo, que dependerá de la altura de capa del lecho. Continuando la filtración, se llegará a un punto a partir del cual la turbidez inicia un incremento, conociéndose este punto como el comienzo del "período de perforación" del filtro. La pérdida de carga, que en el caso de un filtro, en definitiva nos indica el grado de dificultad que encuentra el agua a su paso a través de la arena, nos sirve para hacer un seguimiento del estado de atascamiento del lecho de arena con el transcurso de tiempo de filtración.

Al construir los filtros, se fija la pérdida de carga máxima a la que podrá llegarse, y deberá ser tal que el tiempo que tarda en alcanzarse, sea igual o ligeramente inferior al tiempo, al cabo del cual se alcanzará la perforación del filtro, de esta forma, se aprovecha el atascamiento de la casi totalidad de la altura del lecho de arena previsto. Para conseguir una tasa o velocidad de filtración constante, se pueden utilizar filtros que operan a nivel constante, con regulación aguas arriba y abajo mediante flotadores, válvulas de mariposa o sifones, o bien, emplear filtros de nivel variable, en los cuales, este nivel va aumentando a medida que aumenta la pérdida de carga como consecuencia del atascamiento o colmatación del lecho filtrante.



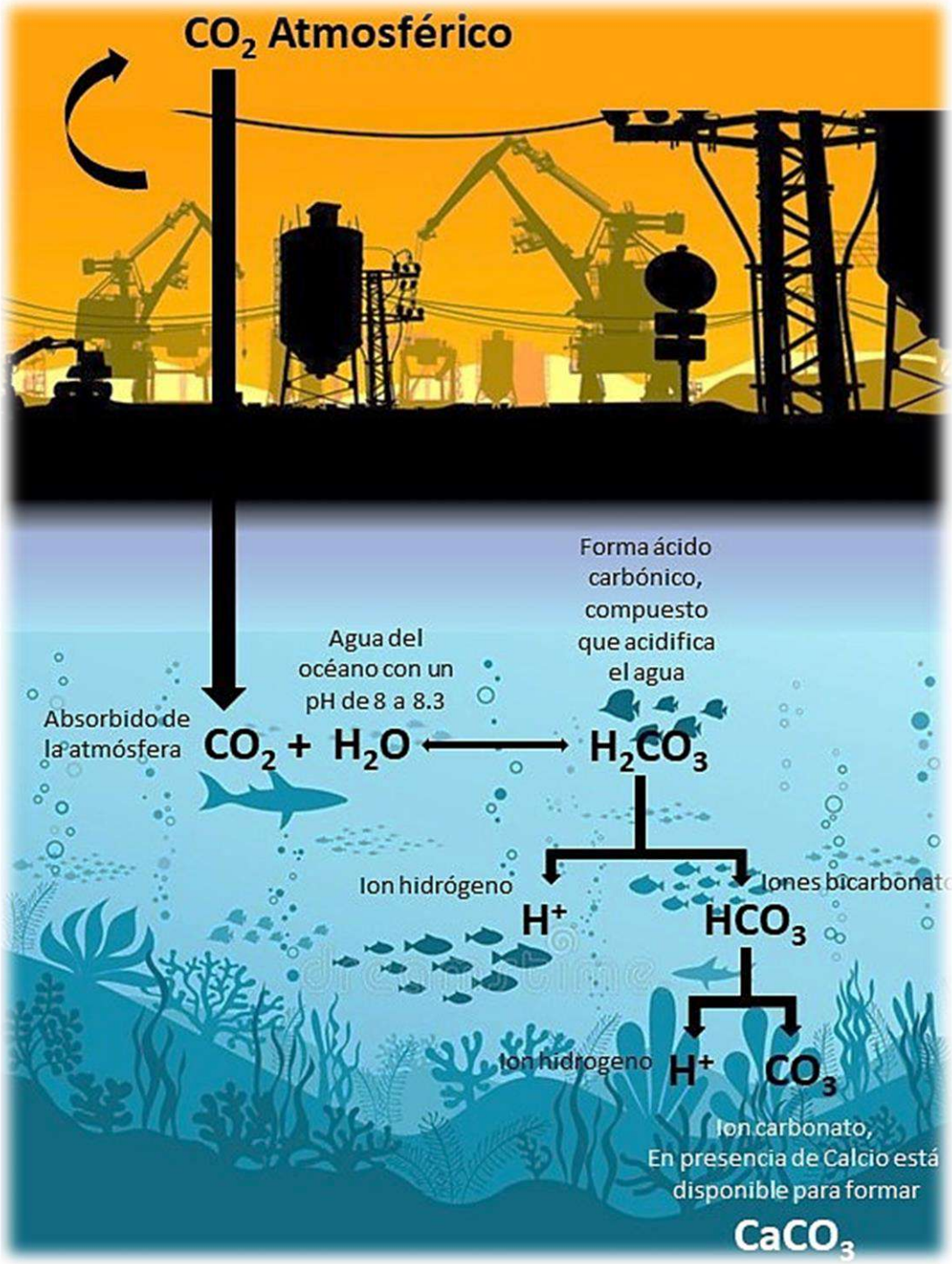
En el lavado a contracorriente, el lecho de arena se expande y el aire provoca que los granos de arena al rozar uno contra otro se desprendan de las partículas retenidas, que después serán arrastradas por el agua de lavado hacia los vertederos o canales de recogida del agua de lavado. El proceso de lavado finaliza cuando esta agua resultante del lavado no muestra apenas partículas en suspensión. En el control de la eficacia de un filtro se suele acudir a la medida de la turbiedad, pero la sola medida de esta no es muy significativa de las diferencias de calidad del filtrado. El agua clarificada procedente de los decantadores pasa a los filtros, donde las partículas (flóculos) que no han sido retenidas por los decantadores son retenidas al pasar por el medio filtrante. Los filtros suelen tener las siguientes características:

- Un lecho filtrante único de arena de diámetro uniforme
- Tasa de filtración constante y nivel del agua a filtrar constante o variable (en función de la perdida de carga).
- El lavado se realiza mediante la inyección de agua y aire

- **ACONDICIONAMIENTO**

El acondicionamiento, comprende las acciones que se llevan a cabo sobre el agua ya filtrada, que modifican determinados parámetros de calidad, fundamentalmente comprende el ajuste de pH, la fluoración y remineralización (en escasas instalaciones) y también puede considerarse como acondicionamiento, la cloración final o desinfección, ya sea con cloro, cloraminas u ozono.

En cuanto a la modificación del pH, generalmente implica una elevación de éste, ya que tanto el sulfato de alúmina empleado como coagulante como el cloro, disminuyen el pH, especialmente en aguas de baja salinidad, y por otra parte, algunas aguas contienen carbónico disuelto en exceso sobre el necesario para el equilibrio carbonatos ↔ bicarbonatos, que requieren su eliminación, empleándose, tanto para eliminar este CO2, como para la elevación del pH algún reactivo alcalino, siendo el más empleado, una lechada de hidróxido cálcico, esta operación puede considerarse como una verdadera remineralización.



El anhídrido carbónico en el agua, puede estar, como ya hemos indicado, bien en forma de gas CO_2, de ácido carbónico, de bicarbonatos o de carbonatos. A estas dos últimas formas, se les conoce como CO_2 combinado. Cuando un agua se pone en contacto con carbonatos y en esta agua hay presente anhídrido carbónico libre, tiene lugar la reacción química de transformación del carbonato en bicarbonato, hasta alcanzarse el equilibrio. El equilibrio se alcanzará cuando en la solución no quede CO_2, libre ,agresivo, que como hemos visto anteriormente, es una de las formas en que se puede encontrar el anhídrido carbónico en el agua, y es precisamente el que ataca y disuelve a los carbonatos, pero si existe el suficiente CO_2 para lograr que en la reacción de equilibrio no haya un desplazamiento hacia la izquierda transformándose los bicarbonatos en carbonatos, a este último CO_2 se le conoce cono anhídrido carbónico equilibrante, que estará formando ácido carbónico con el agua.

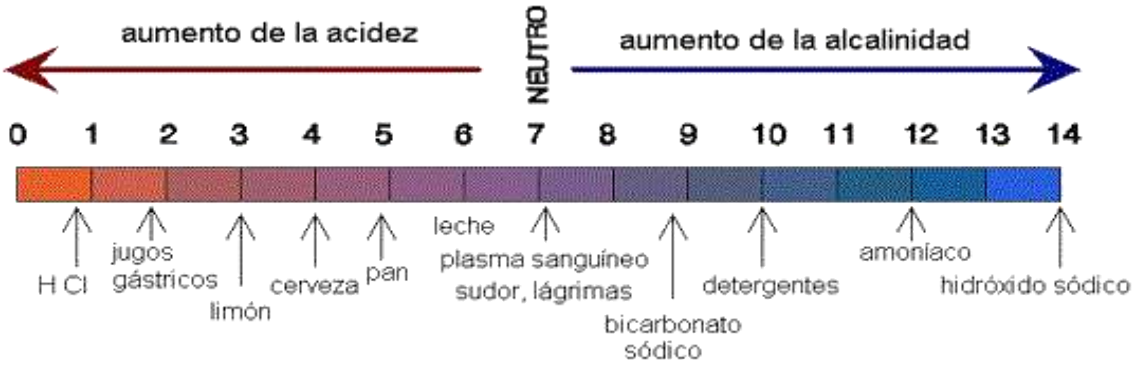
En este punto de equilibrio, no habrá ni ataque a los carbonatos ni formación de éstos a partir de los bicarbonatos. A este punto de equilibrio, corresponde igualmente un pH de equilibrio, también conocido como pH de saturación, por alcanzarse en este punto la saturación del agua en carbonato. En este punto de equilibrio se consigue, por tanto, que el agua no sea agresiva ni incrustante. Se pone como ejemplo en el equilibrio carbónico, las sales correspondientes de calcio, por ser éste generalmente el más abundante en el agua, formando los bicarbonatos y carbonatos cálcicos. Si el CO_2 libre es superior al CO_2 equilibrante, es decir, al necesario para mantener el bicarbonato cálcico en solución, este exceso es el conocido como CO_2 agresivo a la caliza y atacará al carbonato, hasta llegar al equilibrio.

Si el CO_2 libre es inferior al equilibrante, una parte del bicarbonato cálcico se descompone, liberando CO_2, hasta que se restablece o consigue el equilibrio carbónico, produciéndose a la vez carbonato cálcico, que es el causante de las incrustaciones en conducciones, caldera, etc., (Todas estas formas de CO_2, se determinan en laboratorio, excepto el equilibrante, que se determina por cálculo, relacionado con el pH de equilibrio). Se dice que un agua es agresiva, cuando el contenido en CO_2 libre es superior al CO_2 equilibrante y es incrustante en el caso inverso. El agua en equilibrio carbónico y por tanto no agresiva a la caliza ni incrustante, puede ser corrosiva para materiales metálicos en contacto con ella, especialmente si el agua está poco mineralizada, así por ejemplo, puede atacar al hierro y desaparecer el CO_2 equilibrante, ocasionando, como ya hemos dicho, la precipitación de carbonatos. Esta precipitación de carbonato cálcico, formará una capa protectora junto con el óxido de hierro, que protegerá al metal de un posterior ataque.

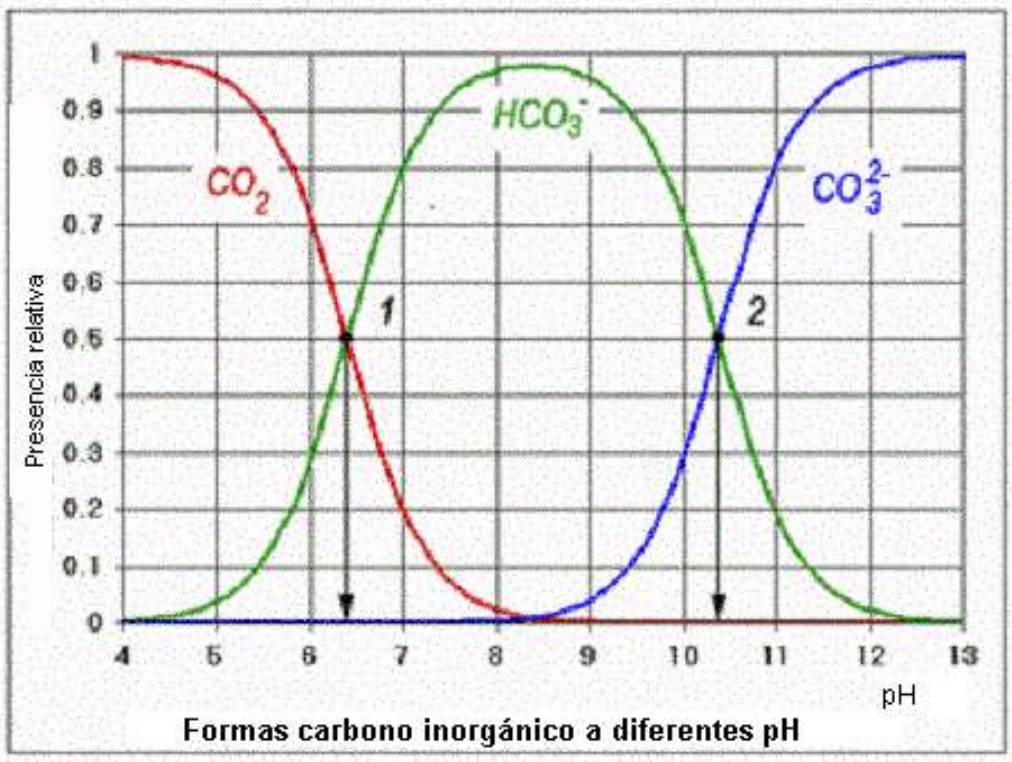
Una elevación de la temperatura del agua al ocasionar un desprendimiento de CO_2, es otra posible causa de formación de precipitados incrustantes. La formación de incrustaciones en las conducciones y otros aparatos en contacto con el agua es debido generalmente a la precipitación de carbonatos de calcio y magnesio, esta precipitación depende en gran medida de varios factores como:

- Alcalinidad total
- pH
- Dureza total
- Anhidrido carbónico disuelto
- Solidos totales disueltos
- Temperatura

La **alcalinidad** de un agua es debida al contenido de sales del ácido carbónico (bicarbonatos, carbonatos) e hidróxidos, es una medida o indicación de los componentes básicos del agua. La alcalinidad de las aguas naturales suele deberse a los carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio, sodio y potasio y en algunos casos también se debe en pequeño grado a boratos, silicatos y fosfatos. El bicarbonato es el componente que más contribuye a la alcalinidad. La importancia de la alcalinidad es significativa en los fenómenos de coagulación y ablandamiento, así como en la prevención de la corrosión. La alcalinidad da un índice de la resistencia del agua a bajar su pH cuando se le añade ácido. A su vez, el **pH** es una medida de la intensidad y la alcalinidad es una indicación o medida de la capacidad de aceptar protones H^+ para alcanzar un estado determinado.



En la figura siguiente, se representan estos valores, donde se puede observar que los bicarbonatos se encuentran en la zona comprendida entre pH 4,3 y pH 12,6. Por debajo del pH 4,3, sólo existirá ácido carbónico libre. Cuando no existe ácido carbónico, es decir a partir del pH 8,3, empezarán a aparecer los carbonatos. A pH = 6,3 ,existe un 50 % tanto de CO_3H_2 como de CO_3H^- . A pH = 10,33 existirá un 50 % de CO_3H^- y de $CO^{3=}$.



Por otra parte, como ya se ha indicado, el carbonato cálcico se depositará cuando los valores de la alcalinidad y pH sobrepasen a los correspondientes al punto de equilibrio del carbonato cálcico, siempre que el agua tenga la suficiente alcalinidad, y así podemos observar en el gráfico siguiente que representa la curva de equilibrio del carbonato cálcico disuelto en el agua, que la solubilidad de este depende tanto del pH como de la alcalinidad y por tanto si se desea obtener precisamente una capa protectora de carbonato cálcico sobre una tubería u otra superficie y la alcalinidad es inferior a 25 mg./l., hay que incorporar un álcali con objeto de aumentarla pero sin llegar a un exceso que en lugar de una película protectora llegará a formar una gran costra. Considerando la alcalinidad de un agua y su dureza, pueden hacerse las siguientes apreciaciones respecto a sus interrelaciones.

Si los componentes básicos del agua (alcalinidad) estuviesen formados sólo por sales de calcio y magnesio, coincidirían la alcalinidad y la dureza, pero puede suceder que hayan otras sales básicas, además de las de calcio y magnesio, como suelen ser las sódicas y potásicas, y en este caso, la alcalinidad será superior a la dureza; también la alcalinidad puede ser inferior a la dureza, en aquellas aguas donde existan sales de calcio y magnesio, no carbonatos, es decir sales neutras, como pueden ser los sulfatos de calcio y magnesio. La **dureza** del agua está relacionada con los terrenos por los cuales discurre. Las aguas subterráneas son en general más duras que las aguas de superficie.

La dureza total es la suma de las concentraciones de iones calcio y magnesio disueltos. Se expresa en mg./l. de CO_3Ca . La dureza de un agua puede ser permanente, que es debida principalmente a los sulfatos de calcio y magnesio, solubles,(también cloruros y nitratos), los cuales no pueden eliminarse por ebullición del agua, como en cambio le ocurriría a los bicarbonatos cálcico y magnésico, que son los principales constituyentes de la dureza conocida como temporal. En la eliminación de los bicarbonatos de calcio y magnesio, y en general en el ablandamiento del agua, se suelen emplear dos métodos: la aplicación de **cal sodada** y el intercambio de iones con **resinas o zeolitas**.

Mediante la cal sodada, que es una aplicación de lechada de cal junto con una solución de carbonato sódico, se logra precipitar los bicarbonatos de calcio y magnesio (dureza temporal) al reaccionar con la lechada de cal y con el carbonato sódico se conseguirá la precipitación de los sulfatos de calcio y magnesio (dureza permanente). Los bicarbonatos solubles pueden eliminarse igualmente aumentando el pH, ya sea con hidróxido sódico o con solución amoniacal. La dureza de la mayor parte de las aguas es generalmente cálcica, y en función del contenido de las sales cálcicas, se suelen distinguir varios tipos de agua atendiendo a su dureza: Aguas blandas con menos de 50 mg/l de carbonato cálcico. aguas duras intermedias, entre 50-100 mg/l de carbonato cálcico, aguas duras, entre 100 y 200 mg/l de carbonato cálcico y aguas muy duras, con un contenido mayor de 200 mg/l de carbonato cálcico.

Al calentar las aguas que contienen bicarbonatos pueden precipitar carbonato cálcico, que podrá formar incrustaciones. Como ya se ha expuesto, al aumentar el pH se incrementa la concentración de iones carbonato. Puede decirse por tanto, que la tendencia a formar precipitados e incrustaciones de carbonatos aumenta con los incrementos de los iones calcio, dureza, alcalinidad, pH y temperatura. Es importante destacar que para una dureza dada un agua puede producir o no producir precipitaciones e incrustaciones, ya que dependen también de su alcalinidad, pH y temperatura, es decir si conocemos la dureza de un agua y no conocemos los otros factores, no podrá predecirse si el agua formará incrustaciones.

El **intercambio iónico** es una reacción química reversible, que tiene lugar cuando un ion de una disolución se intercambia por otro ion de igual signo que se encuentra unido a una partícula sólida inmóvil. Este proceso tiene lugar constantemente en la naturaleza, tanto en la materia inorgánica como en las células vivas. Por sus propiedades como disolvente y su utilización en diversos procesos industriales, el agua acostumbra a tener muchas impurezas y contaminantes. Las sales metálicas se disuelven en el agua separándose en iones, cuya presencia puede ser indeseable para los usos habituales del agua. Además, el creciente interés por el medio ambiente, impone establecer tratamientos eficaces que eviten el deterioro de la calidad de las aguas, especialmente por el vertido de efluentes industriales altamente contaminados. Entre todos los tratamientos posibles, el intercambio iónico es una opción a considerar.

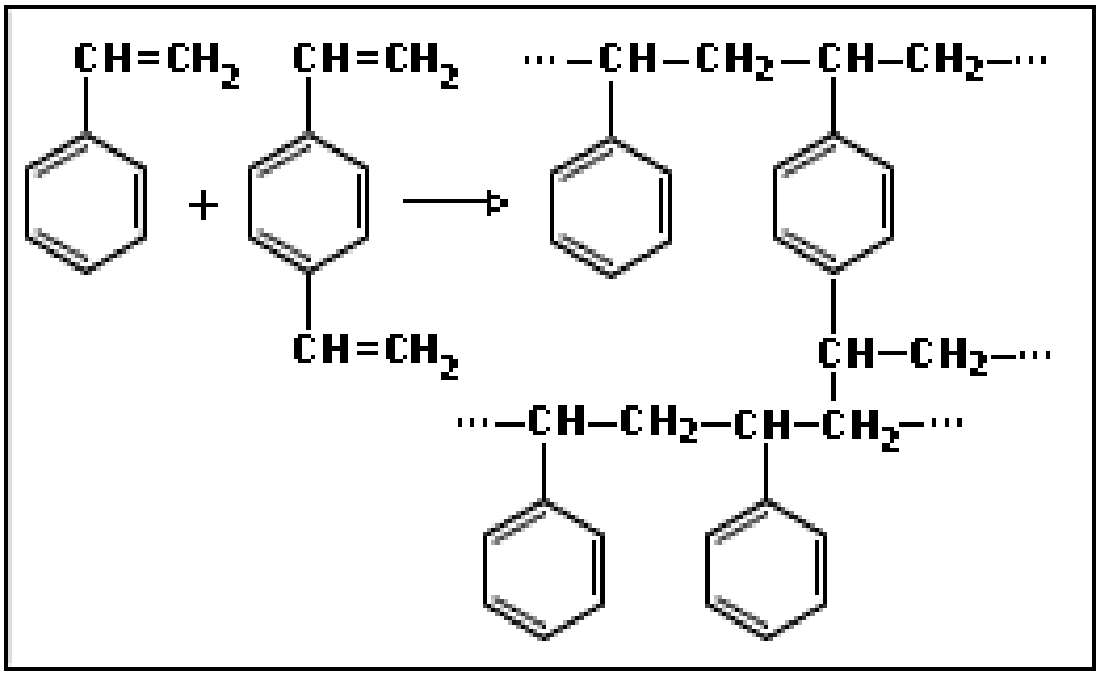
Las propiedades como intercambiadores iónicos de algunas arcillas y minerales se conocen desde el siglo XIX y se atribuye la primera observación del fenómeno a Thompson y Way, cuyos estudios con distintas muestras de suelos agrícolas fueron publicados en 1850. En sus experimentos pasaron una disolución de sulfato o nitrato amónico a través de diversas muestras de arcilla procedente de suelos agrícolas, observando que el filtrado obtenido contenía iones calcio en lugar de iones amonio. Esta afinidad de algunos suelos por el ion amonio frente otros cationes, en este caso el calcio, los hacía más adecuados para su uso agrícola. La importancia de estos resultados en cuanto al fenómeno de intercambio iónico, no fue comprendido en su totalidad hasta que Henneberg y Stohmann, demostraron la reversibilidad del proceso en 1858. Más adelante, en 1870, los estudios de Lemberg sobre la capacidad intercambiadora de las **zeolitas** ampliaron los conocimientos en estos procesos de intercambio. De hecho, las zeolitas son un ejemplo clásico de minerales con capacidad intercambiadora, y ya en 1927 se empleó la primera columna de zeolita mineral para eliminar iones calcio y magnesio que interferían en la determinación del contenido en sulfato del agua.

En 1905, Gans modificó minerales naturales denominándolos permutitas, silicatos de sodio y aluminio sintéticos, que fueron las primeras sustancias empleadas en la eliminación de la dureza del agua. No obstante estos compuestos tenían en su contra que mostraban capacidades de intercambio bajas (aunque su velocidad de regeneración era rápida) y que por debajo de pH 7 se disolvían en agua. Fueron utilizados durante cerca de catorce años y luego se abandonaron debido a sus limitaciones hasta 1950 que volvieron a utilizarse.

Una etapa intermedia en la evolución del intercambio iónico fue el reconocimiento de las propiedades intercambiadores de varios materiales orgánicos, como el carbón sulfonado. Este material presentaba un grupo funcional capaz de intercambiar cationes de modo reversible y además operaba en un rango de pH mayor que los silicatos de aluminio, de 1 a 10, por lo que resultaba ser aplicable a un número mayor de procesos industriales. El inconveniente del carbón sulfonado era que su capacidad de intercambio era aún menor que la de los silicatos de aluminio.

La aportación más importante al desarrollo del intercambio iónico fue la síntesis de resinas orgánicas, realizada en 1935 por los químicos Adams y Holmes del Departamento de Investigación Científica e Industrial (Reino Unido). Desarrollaron polímeros orgánicos que imitaban a las zeolitas mediante la reacción de condensación entre el fenol y el formaldehido. Sustituyendo el fenol por derivados de éste, como fenoles polihídricos o por diaminas aromáticas, se dio paso a las resinas de intercambio catiónicas o aniónicas. Posteriormente, Holmes produjo una resina catiónica fuerte a partir del ácido fenolsulfónico. Las primeras resinas Amberlita y Dowe se basaban en esta química.

A finales de la II Guerra Mundial, se desarrollaron polímeros intercambiadores de iones sintetizados mediante reacciones de adición, cuya estabilidad química y térmica era mayor que las resinas de condensación. El pionero de este trabajo fue Gaetano D'Alelio, que incorporó grupos de ácido sulfónico a un polímero de estireno entrecruzado con divinilbenceno, dando lugar a las resinas catiónicas de ácido fuerte. Unos años más tarde, en 1947, McBurney produjo las resinas aniónicas de base fuerte, cuyo grupo funcional era un amino cuaternario. El uso del **copolímero estireno-divinilbenceno** como matriz para enlazar grupos con capacidad intercambiadora, supuso una tremenda expansión en los procesos de intercambio iónico. De hecho, la mayoría de las resinas que se emplean actualmente tienen como matriz este copolímero.

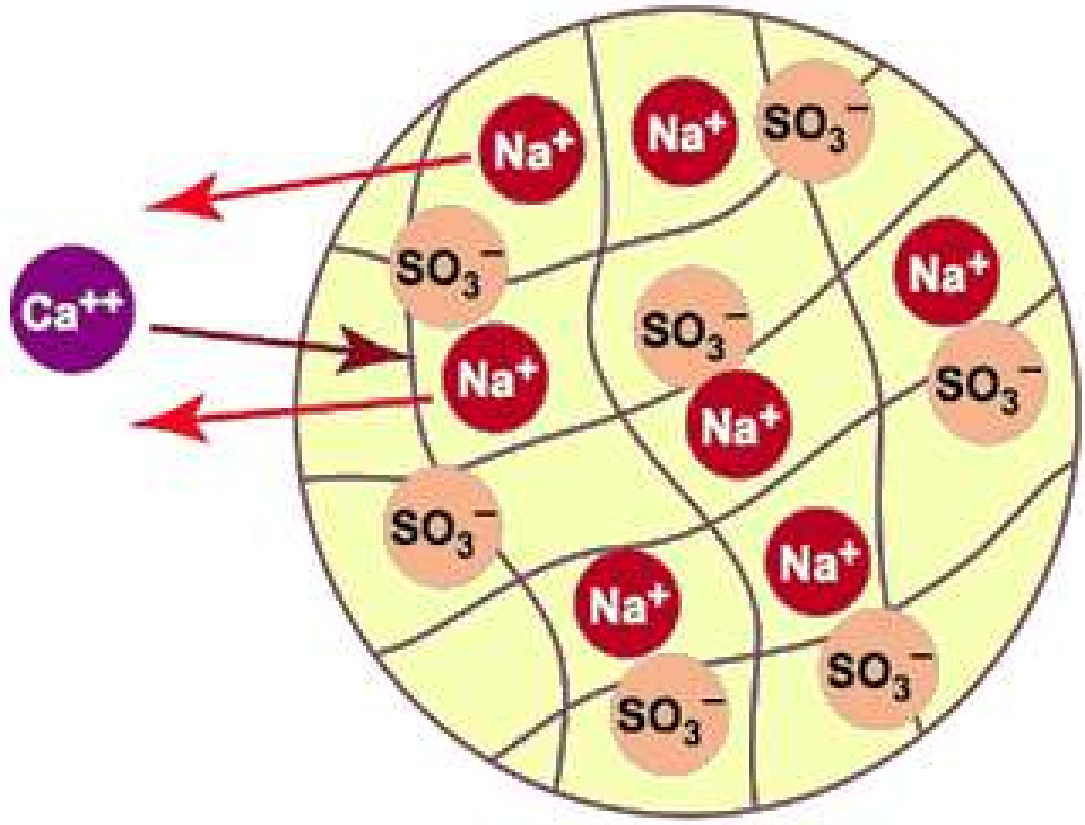


Un paso más en el desarrollo de los intercambiadores iónicos fue la búsqueda de especificidad. En 1948, Skogseid produce la primera resina específica para un metal, potasio y a partir de este momento los investigadores basaron sus esfuerzos en incorporar a la matriz de la resina distintos grupos funcionales que aumentasen su selectividad por un determinado compuesto, desarrollando así las resinas quelantes. Desde entonces se ha continuado la investigación y el desarrollo en nuevas estructuras poliméricas (macroporosas, poliacrílicas, tipo gel) dando lugar a una serie de modernas resinas de intercambio iónico, cuyo empleo en el campo de aplicaciones industriales ha sido enorme.

El ablandamiento del agua es la eliminación de esta dureza: los iones Ca++ y Mg++ que forman el sarro se intercambian por iones Na+ que son mucho más solubles y no precipitan. Para ablandar agua se toma una resina intercambiadora de cationes en la cual los iones móviles dentro de la resina son sodio (Na+) y se pasa el agua a través de una columna llenada con esta resina en forma sodio. Los iones de dureza Ca++ et Mg++ entran en las perlas de resina, y cada uno de estos iones produce la salida de dos iones de sodio. La reacción de intercambio se puede escribir:

$$2\ RNa + Ca^{++} \longrightarrow R2Ca + 2\ Na^{+}$$

Las perlas de resina son inicialmente cargadas con iones de sodio (Na+). Cada ion de calcio o de magnesio que penetra en la resina es reemplazado por dos iones que salen. Los aniones del agua — no representados en esta figura — no pueden entrar en la resina, porque serían rechazados por los aniones sulfonato fijos (SO3—) que forman los grupos activos de la resina.



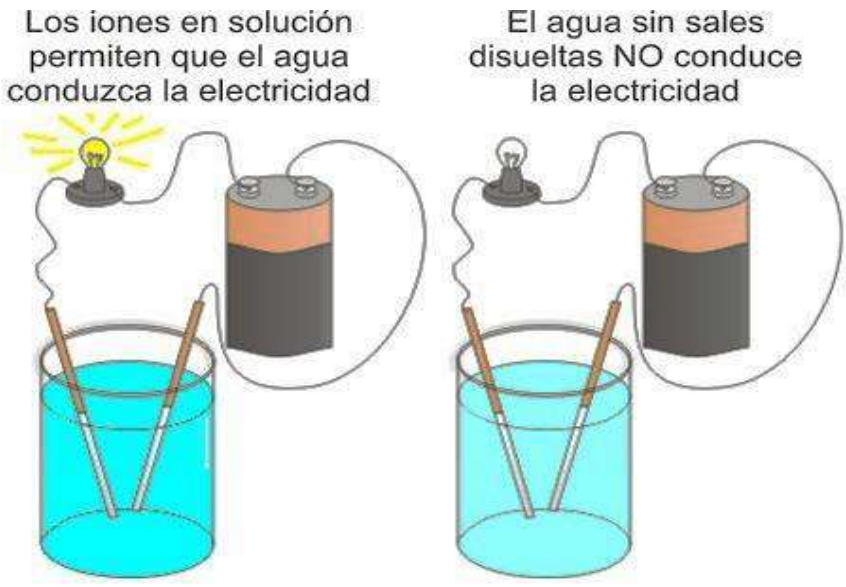
Este intercambio de cationes es eficaz porque la resina intercambiadora tiene una afinidad más grande para los cationes de dureza que para el sodio. En términos sencillos, la resina prefiere el calcio. El resultado del ablandamiento no es una eliminación neta de los cationes "duros" del agua, sino una sustitución por iones de sodio. Evidentemente, este intercambio no es ilimitado, pues después de un cierto tiempo, la resina ha quitado tantos cationes de calcio y magnesio del agua que no queda espacio para acoger otros. El período de agotamiento está terminado, y hay que cambiar la cantidad de resina agotada por una resina fresca, o regenerarla.

La **conductividad** es una variable que se controla en muchos sectores, desde la industria química a la agricultura. Esta variable depende de la cantidad de sales disueltas presentes en un líquido y es inversamente proporcional a la resistividad del mismo. Con los instrumentos convencionales, la medida de la conductividad se obtiene aplicando un voltaje entre dos electrodos y midiendo la resistencia de la solución. Las soluciones con conductividad alta producen corrientes más altas. Para contener la intensidad de la corriente en una solución altamente conductiva, es necesario disminuir la superficie de la sonda o incrementar la distancia entre los polos. Por esta razón se deben usar sondas diferentes para rangos de medida diferentes.

La conductividad se define como la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica y es lo contrario de la resistencia. La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemens/cm (S/cm), con una magnitud de 10 elevado a -6 , es decir microSiemens/cm (µS/cm), o en 10 elevado a -3, es decir, miliSiemens (mS/cm). En el agua podemos tener:

- Agua pura: 0.055 µS/cm
- Agua destilada: 0.5 µS/cm
- Agua de montaña: 1.0 µS/cm
- Agua para uso doméstico: 500 a 800 µS/cm
- Máx. para agua potable: 10055 µS/cm
- Agua de mar: 52 mS/cm

En una desmineralización típica regenerada en contracorriente, la calidad del agua tratada expresada en conductividad es 1 µS/cm o menos. Considerando que el agua de río o de pozo tiene una conductividad entre 100 y más de 1000 µS/cm, la eficacia del intercambio iónico es varía entre 99 y más de 99,9 %, mucho más alta que los otros procesos que son ósmosis inversa o destilación.



Cuanto mayor es la concentración salina de una solución mejor conduce la electricidad y mayor es su **conductividad eléctrica**.

- **DESINFECCION Y CLORINACION**

La desinfección del agua se ha venido practicando desde hace siglos. Existen referencias históricas de que hace ya quinientos años antes de nuestra era, se recomendaba que el agua se hirviese. La desinfección de aguas de abastecimiento se puede considerar como el proceso en general dentro de una estación de tratamiento de agua que tiene como objetivo la inactivación de los microorganismos que pueda haber presentes en el agua, minimizando así la probabilidad de transmisión hídrica de enfermedades. En la actualidad se conocen bastante bien los procesos y fenómenos implicados en la desinfección del agua, que en definitiva se dirigen a la destrucción de organismos perjudiciales, es decir, los procesos de desinfección se han empleado con el fin de destruir o inactivar los organismos productores de enfermedades. La desinfección no implica necesariamente la destrucción completa de todos los organismos vivos, es decir, los procesos de desinfección del agua no siempre acaban en el punto de esterilización (la esterilización se centra casi exclusivamente en la práctica médica).

En relación con la desinfección del agua, los organismos productores de enfermedades, incluyen las bacterias, una gran variedad de virus, protozoos intestinales y algunos microorganismos. Otros organismos que podemos considerar más bien molestos desde el punto de vista estético que de causantes de enfermedades, son también afectados en los procesos de desinfección. En lo que respecta a la desinfección, algunos de los organismos mencionados, incrementan su resistencia al desinfectante al encontrarse rodeados o incrustados en materiales en suspensión, algas, entre otros y ser más inaccesibles a los desinfectantes químicos. Si en el agua se tiene presencia de materia orgánica y otras sustancias oxidables, quedará disminuida la cantidad de desinfectante disponible para realizar la desinfección.

La hipótesis más aceptada sobre cómo actúan y destruye los desinfectantes a los microorganismos, se centra en las alteraciones físicas, químicas y bioquímicas sobre la membrana o pared de las células y por tanto de las enzimas y una vez destruida esta barrera protectora, terminan las funciones vitales de la célula, causando su muerte. En el proceso de desinfección normalmente se utilizan sustancias químicas, denominadas **desinfectantes**. Los procesos de desinfección del agua que pueden emplearse, incluyen alguno de los siguientes tratamientos o una combinación de ellos:

- Tratamiento físico (almacenamiento, aplicación de calor, u otros agentes físicos)
- Radiación (radiación ultra violeta).
- Fotocatálisis heterogénea UV/TiO2.
- Iones metálicos (por ejemplo cobre y plata).
- Álcalis y ácidos.
- Productos químicos tenso activos (compuestos de amonio cuaternario)
- Los oxidantes (halógenos como el cloro, ozono, permanganato, etc.)

Son diversos los criterios que se tienen que considerar para valorar el desinfectante más adecuado, entre los que figuran:

- Aptitud del desinfectante para destruir las diversas clases de organismos en función de la temperatura y naturaleza del agua.

- Capacidad del desinfectante para que en las concentraciones empleadas para conseguir la desinfección, no comuniquen al agua características tóxicas o desagradables estéticamente.
- Facilidad de aplicación técnica y económica.
- Capacidad del desinfectante para permanecer en concentraciones residuales tales que eviten cualquier recontaminación, como pudiera ocurrir en la red de distribución.
- Adaptabilidad de técnicas de valoración prácticas, rápidas y exactas, que nos permitan conocer la concentración del desinfectante residual.

Casi todos los desinfectantes mencionados, presentan alguna limitación, que excluyen su aceptación en las operaciones de tratamiento en sistemas y abastecimientos públicos, por ahora y en general, el **cloro** es el producto más ampliamente utilizado en el proceso de desinfección del agua. Es ampliamente conocido el hecho de que las grandes epidemias de la humanidad han venido por la vía de la contaminación del agua. y aunque en la actualidad han sido prácticamente dominados estos problemas, no quiere decir que hayan desaparecido los peligros que las diferentes contaminaciones del agua pueden originar. Es este el principal motivo que impulsa a aplicar continuamente los procesos técnicos más actuales y el empleo de nuevos productos, para conseguir mediante el tratamiento adecuado, un agua de calidad sanitaria óptima, teniendo en cuenta que el agua, en sus diferentes fuentes de captación, está cada vez más deteriorada.

En el proceso de oxidación de las diferentes sustancias presentes en el agua y su esterilización, el producto más ampliamente utilizado es el cloro (en los pequeños abastecimientos se suelen emplear derivados del cloro).Si bien en algunas aguas no llega a lograrse el objetivo deseado, dada la presencia de diversas sustancias, con las que el cloro no es tan efectivo, o bien a que precisamente el cloro conduce en su reacción con otras sustancias orgánicas a la formación de compuestos orgánicos clorados muy cuestionados por su potencial perjuicio para la salud (por ejemplo los trihalometanos). Estas circunstancias han llevado a la utilización de otros productos, que si bien no le sustituyen completamente, sí lo complementan, entre los que destacan principalmente el dióxido de cloro y el ozono.

La aplicación del cloro, directamente como tal, data de 1912 en EE.UU. En 1913, Wallace y Tiernan introducen unos equipos que permiten medir el cloro gas y formar una solución concentrada que es la que se aplica al agua a tratar. Desde entonces la técnica de la cloración se ha ido perfeccionando y ampliando su adopción como práctica habitual en la desinfección del agua La esterilización es una de las principales fases del proceso de tratamiento del agua. Empleando el cloro en este proceso se contemplan dos etapas: **precloración**, realizada antes de la fase de coagulación-floculación, y **poscloración o esterilización**, que suele ser la última etapa del tratamiento. Aun cuando el principal objetivo de la cloración comenzó siendo, y aún lo es, la destrucción de gérmenes, dado su gran poder bactericida, no debe olvidarse que su elevado poder oxidante origina otros efectos también muy importantes, como pueden ser la contribución a la eliminación del hierro y manganeso, eliminación de ácido sulfhídrico, sulfuros y otras sustancias reductoras, reducción de sabores existentes antes de la cloración o bien producidos por los compuestos de adición formados por el cloro, impedir el crecimiento de algas y otros microorganismos que interfieren en el proceso de coagulación-floculación y filtración, mantener los lechos filtrantes libres de posibles crecimientos de bacterias anaerobias, reducción del color orgánico, etc.,

La desinfección del agua y más concretamente la cloración, está siendo objeto de polémica en los últimos años, como consecuencia, principalmente, de los subproductos de la desinfección, llegando a cuestionarse la necesidad de la propia desinfección en muchos casos. Las reglamentaciones de los países difieren bastante a este respecto, algunos incluso no requieren de forma expresa el empleo de desinfectantes en el tratamiento del agua, si bien es cierto que las calidades de las aguas en origen son muy distintas y más aún entre los diferentes países. Por ejemplo, la reciente Directiva Europea relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, no requiere de una forma directa el empleo de desinfectante, ni el mantenimiento de éste en la red de abastecimiento. La Directiva fija unas características microbiológicas mínimas que los distintos países miembros deberán mantener, siendo por tanto éstos los que decidirán el empleo o no de desinfectante para cumplir con los valores paramétricos exigibles.

En cualquier caso, como la misma Organización Mundial de la Salud indica, no se debe comprometer o dejar en segundo término, una correcta desinfección, ante los efectos a largo plazo que originarían los subproductos de la desinfección. A la cloración del agua se puede atribuir el 50 % del aumento de la esperanza de vida del siglo XX, como gran corolario de este tema. En las redes de los sistemas de distribución es necesario, y a veces obligatorio en algunos países, el mantenimiento de un desinfectante residual, por ello se expone y analiza en la parte final de este apartado, el empleo de las **cloraminas** como desinfectante secundario (postdesinfección), para mantener durante más tiempo una determinada concentración de cloro residual combinado en el sistema de abastecimiento, y a la vez, dado que las cloraminas penetran más en el biofilm interno de la red, inactivar los microorganismos e inhibir su crecimiento.

PROPIEDADES DEL CLORO

- Color: Amarillo verdoso.
- Olor: Sofocante.
- Peso atómico: 35,457.
- Peso molecular: 70,914.
- Número atómico: 17.
- Densidad del gas respecto del aire: 2,49.
- Un litro de cloro gas (0 °C, 1 atm) pesa: 3,214 g.
- Un kg de cloro gas (0 °C, 1 atm) ocupa: 311 I.
- Un volumen de cloro líquido al vaporizarse origina: 457,6 volúmenes de gas.
- Temperatura de ebullición (1 atm): - 34,1 °C.
- Temperatura de congelación (1 atm): - 101,0 °C.
- Viscosidad del gas a 20 °C: 0,013 centipoises.
- Viscosidad del líquido a 20 °C: 0,34 centipoises.
- Calor específico:
- Gas (a 1 atm, 0 °C-100 °C):
- C_p: 0,124 kcal/kg. °C.
- C_v: 0,092 kcal/kg. °C.
- Líquido (0 °C-24 °C) 0,226 kcal/kg. °C.

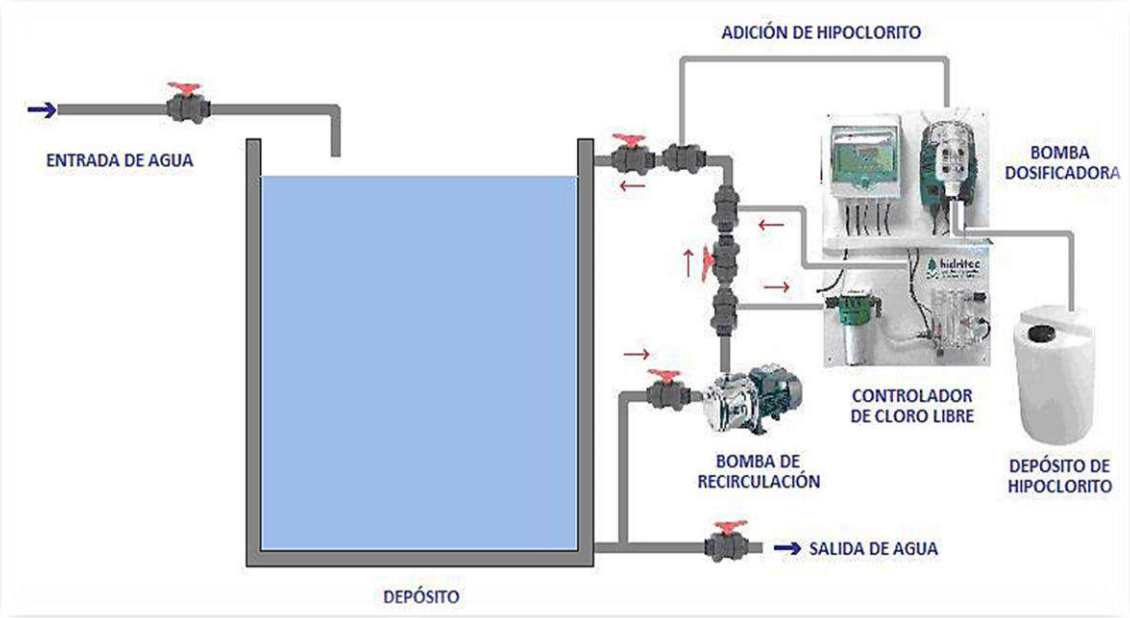
Entre los principales factores que influyen en el proceso de desinfección y tratamiento del agua con cloro, figuran los siguientes:

- -Naturaleza, concentración y distribución de los organismos que se van a destruir, así como de la concentración y distribución de la sustancia desinfectante y de los productos de su reacción con el agua, así como de las sustancias disueltas o en suspensión presentes en el agua.
- -Naturaleza y temperatura del agua objeto del tratamiento.
- -Tiempo de contacto entre el cloro y el agua.
- -pH del agua.

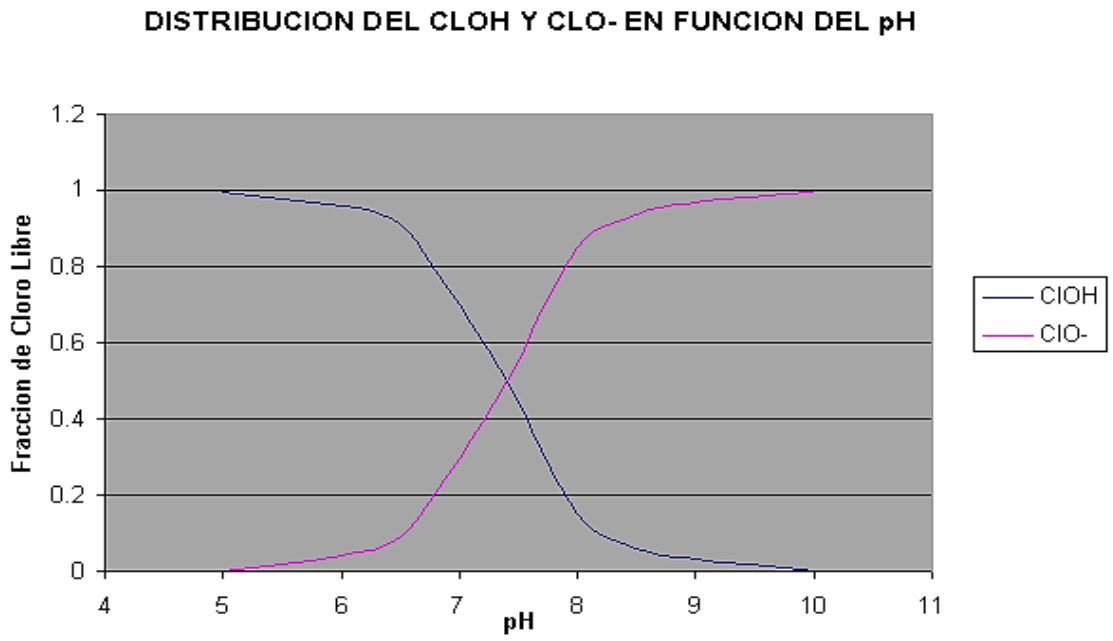
Respecto a los anteriores factores, podemos decir, en lo que respecta a los organismos presentes en el agua, que estos pueden ser muy diversos y con unos requerimientos de cloro para su eliminación muy diferentes. En el proceso de cloración y en la desinfección en general, las variables usualmente más controlables son:

- La naturaleza y concentración del desinfectante
- El tiempo de contacto entre el desinfectante y los microorganismos
- La mezcla, dispersión y grado de agitación del agua.

Para que la cloración resulte eficaz es necesaria una distribución homogénea del cloro en el agua y que la dosis sea adecuada, para obtener un agua tratada inocua. A partir de 0,1 a 0,2 ppm. de cloro libre residual en el agua, ya se percibe sabor, percibiéndose antes cuanto mayor sea la dureza y temperatura del agua. Puede procederse a la decloración o eliminación del cloro en el agua, mediante el empleo de sustancias reductoras, tales como el anhídrido sulfuroso, el hiposulfito sódico, etc. Utilizando cantidades apropiadas de estos productos se puede eliminar la cantidad de cloro deseada. También se puede eliminar el cloro filtrando el agua a través de carbón activo.

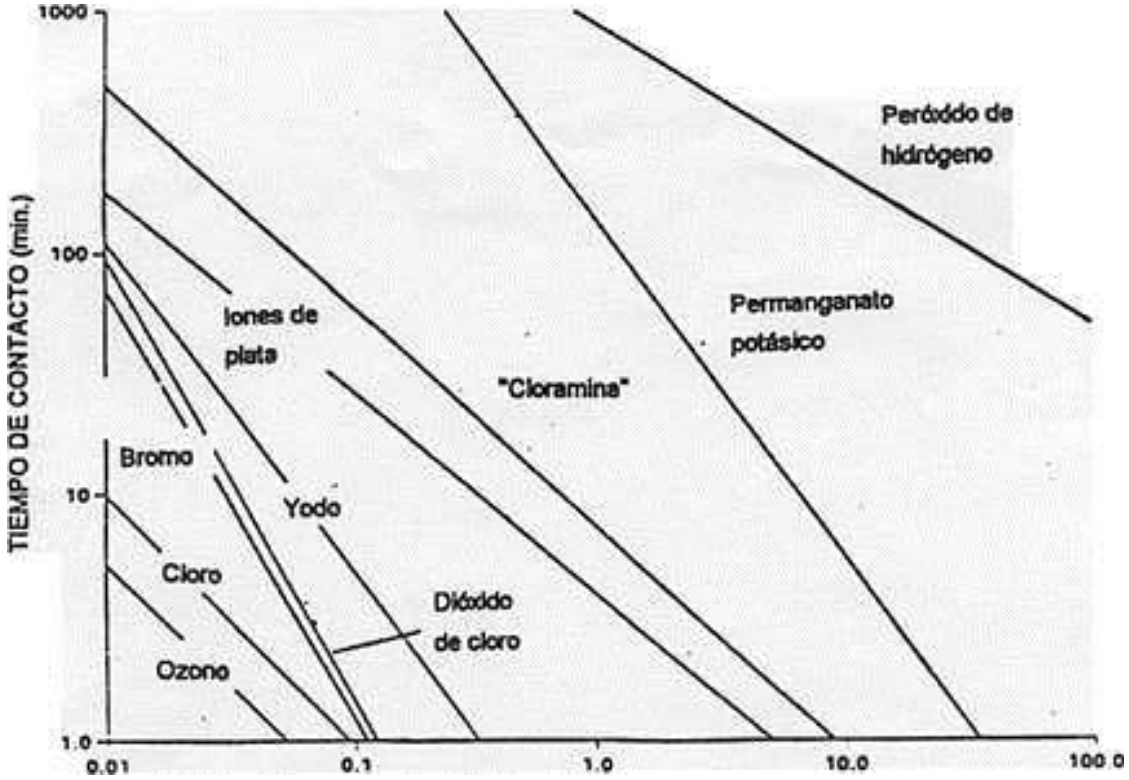


Respecto a la temperatura, la eficacia de cloración aumenta al aumentar aquélla, naturalmente siempre que las demás condiciones permanezcan invariables. A pesar de esto, ocurre que como en el agua a baja temperatura el cloro permanece más tiempo, puede llegar a compensarse la mayor lentitud de la desinfección con la mayor duración del cloro en el agua. El tiempo de contacto es otro factor importante a tener en cuenta, ya que durante este tiempo tienen lugar las reacciones entre el cloro y el agua y las sustancias en ella presentes. El tiempo de contacto mínimo suficiente para una cloración eficaz es, a su vez, función de la temperatura, pH, concentración y naturaleza de los organismos y sustancias presentes en el agua, así como de la concentración y estado en que se halle el cloro. Como mínimo, el tiempo de contacto deber de ser de diez a quince minutos. El pH juega un papel de suma importancia y nos detendremos en él cuando tratemos de las reacciones del cloro en el agua. Por ahora diremos que el poder bactericida del cloro es menor para un pH superior a 7, que para otros valores de pH más bajos a éste. El tiempo de contacto para lograr un determinado grado de desinfección disminuye al aumentar la concentración y también como se acaba de indicar, al disminuir el pH.



El ácido hipocloroso tiene mayor poder oxidante y bactericida que el ión hipoclorito, razón esta que es muy importante tener en cuenta, ya que, como hemos visto, la proporción de ácido hipocloroso e ión hipoclorito es función del pH, debiendo operarse, a ser posible, al pH más idóneo para lograr una más eficiente desinfección. La eliminación de bacterias y otros microorganismos, disminuye por tanto al aumentar el pH, así por ejemplo en el rango de pH 7 a 8, la velocidad de destrucción disminuye unas 5 veces al pasar de pH 7 a pH 8 , por lo que para mantener el mismo ritmo de destrucción de bacterias , la concentración de cloro debe mantenerse 5 veces más alta. Teniendo en cuenta que la relación entre las concentraciones de HClO (ácido hipocloroso) y ClO^- (hipoclorito) permanecen constante siempre que se mantenga el pH, si una porción de ácido hipocloroso se consume en la oxidación de la materia orgánica y en la destrucción de las bacterias, parte del hipoclorito se combinará con los iones H^+ para formar ácido hipocloroso para mantener la relación de concentraciones entre ambos.

Por otra parte hay que tener presente que la eficacia relativa de los distintos desinfectantes que pueden emplearse en la desinfección del agua, a igualdad de factores tan importantes, como el pH y la temperatura, es muy diferente. En el siguiente gráfico de la figura 2 se muestran estas diferencias.



Al incorporar el cloro al agua, reacciona con las sustancias que ésta contiene, quedando menos cloro en disposición de actuar como desinfectante. Entre estas sustancias destacan el manganeso, hierro, nitritos, sulfhídrico y diferentes materias orgánicas, las cuales, además de consumir cloro, producen compuestos orgánicos clorados que pueden ser la causa de olores y sabores desagradables. Otra sustancia presente, a veces ,en el agua y que reacciona de una forma muy particular con el cloro es el amoníaco. En este caso se forman compuestos denominados cloraminas, las cuales poseen poder desinfectante, aunque en menor grado que el cloro.

Si se continúa añadiendo cloro en exceso, de manera que reaccione con todas las sustancias presentes, llegará un momento en que el cloro sobrante aparecerá como cloro residual libre, que es el que realmente actúa ahora como agente desinfectante. La demanda de cloro es la diferencia entre la dosis de cloro añadida y el contenido de cloro residual al cabo de un tiempo de contacto suficiente para completar las reacciones antes expuestas. El control perfecto de la desinfección, se efectúa mediante los correspondientes exámenes bacteriológicos del agua, pero para un control más rápido del contenido en cloro libre y combinado de un agua tratada, se determina la concentración de cloro residual mediante el método del DPD, o bien por yodometría y valoración con tiosulfato sódico; también, en instalaciones importantes suelen emplearse instrumentos automáticos de medida permanente, mediante determinaciones colorimétricas o determinaciones amperométricas. El cloro presente en el agua tratada que se

conoce como «cloro residual», puede presentarse como «cloro residual libre» o como «cloro residual combinado».
Empleando cloro como oxidante/desinfectante primario, se ha comentado que la formación de trihalometanos (THMs) y otros subproductos se ve favorecido con el aumento de la dosis de cloro y con el aumento del tiempo de contacto agua-cloro. Por otra parte, se sabe que para una efectiva desinfección (cloración) hay que mantener una adecuada concentración de cloro libre residual durante un determinado tiempo de contacto. El producto de la concentración de cloro libre en mg/l. y el tiempo de contacto en minutos, es un indicador del potencial de desinfección en el proceso de cloración. Está comprobado que los contenidos de THM a la salida de las estaciones de tratamiento se incrementan posteriormente en muchos casos, ya en la red, debido principalmente al mayor tiempo de contacto del cloro con la materia orgánica que sale de la estación y con las sustancias orgánicas que forman el biofilm de la red.

La desinfección debe realizarse en la estación de tratamiento y no contar con el tiempo que el agua ha de estar en la red para que se garantice el producto de forma que el primer consumidor de agua de la red beba un agua perfectamente desinfectada. Se presenta entonces el dilema de si mantener o no una determinada concentración de cloro residual para prevenir posibles recontaminaciones, recrecimiento del biofilm y otros objetivos que posteriormente se indicaran. Si se opta por mantener un desinfectante residual en la red, cloro libre, habría que volver a reclorar el agua y mantenerla así durante el largo período de estancia de los grandes y extensos sistemas de distribución, es decir, aumentando dos de los factores (C y t) que potencian la formación de THMs. La incapacidad del cloro para mantener una concentración residual consistente y estable en los sistemas de distribución extensos, le limita como un adecuado desinfectante secundario.

Aparece entonces la solución del cloro residual combinado, en forma de **cloraminas**, como una eficaz alternativa. La desinfección del agua potable no conduce a una completa esterilización, es decir a una completa eliminación de patógenos y no patógenos, por tanto y aceptando la presencia de nutrientes, son posibles los recrecimientos de bacterias y otros microorganismos. Aunque el proceso de tratamiento aplicado al agua sea correcto, algunos organismos pueden sobrevivir a este tratamiento y pasar al sistema de distribución junto a pequeñas fracciones de sustancias orgánicas que inducen a la formación del biofilm. Este biofilm a su vez puede proporcionar una cierta protección a los microorganismos patógenos, protección que será dificultada si se emplea cloro residual en la red. Pueden aducirse varias razones en favor del mantenimiento de un desinfectante residual en el sistema de distribución:

- Controlar y minimizar el recrecimiento del biofilm.
- Reducir el riesgo de una contaminación por intrusión desde el exterior al interior del sistema de distribución.
- El uso de cloro residual y su control continuo, servirá como indicador de roturas de un sistema de distribución y puede ser usado para detectar intrusiones más rápidamente que una monitorización microbiológica y además su análisis continuo abarca o afecta a prácticamente todo el volumen de agua del sistema.
- Estabilizar la calidad del agua en el sistema, no sólo en cuanto a controlar la formación de biofilm y recrecimiento bacterianos, sino también reducir los fenómenos de corrosión de la red, la corrosión es un factor importante en la reducción del cloro residual.

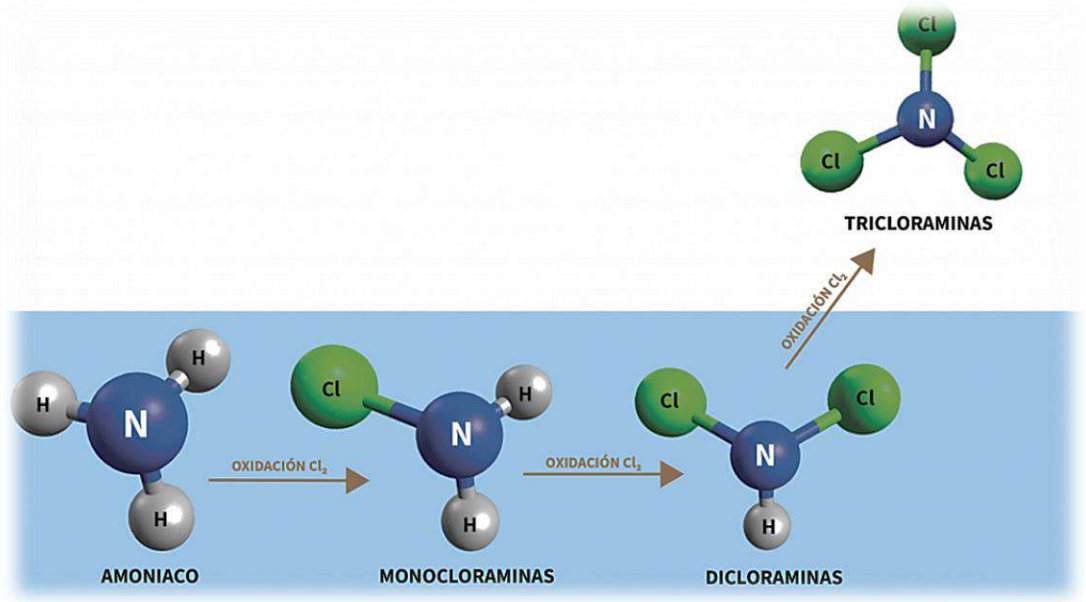
Aceptando el mantenimiento de un desinfectante residual, se debe minimizar este residual y los subproductos formados para lo cual es necesario y fundamental:

- Tratar el agua para reducir la materia orgánica natural (MON) que sirve como precursor de los subproductos de la desinfección.
- Tratar el agua para mejorar la estabilidad del desinfectante residual, ya que cuanto más estabilidad del residual, menor desinfectante será necesario.
- Hacer una cuidadosa elección del oxidante/desinfectante, siguiendo los criterios de máxima estabilidad, máximo control del biofilm, mínima toxicidad directa y mínima formación de subproductos.

En el siguiente cuadro se comparan las tres principales alternativas para el mantenimiento de un residual desde las perspectivas o criterios antes señalados; 1) Estabilidad del residual, 2) Toxicidad del residual (según límites de la USEPA), 3) Control del Biofilm y 4) Formación de subproductos.

Oxidante	Estabilidad residual	Límite del residual mg/l	Control biofilm	Subproductos
Cloro libre	Muy buena	4	Buena	Mala
Dióxido de cloro	Buena	0,8	Buena	Buena
Cloraminas	Excelente	4	Muy buena	Muy buena

De las tres substancias indicadas, el cloro libre es el más utilizado pero su mal comportamiento en cuanto a la formación de subproductos limitará su empleo en el futuro a aguas con muy pocos precursores. Las cloraminas y concretamente la **monocloramina** es una importante alternativa, siendo su principal desventaja el hecho de estar sujeta a una nitrificación en el sistema de distribución, por diferentes factores como alta temperatura, puntos muertos o retenciones excesivas donde el residual desaparece y el biofilm se elimina con dificultad, y exceso de amoníaco. Hay que tener presente que las cloraminas no suelen emplearse en la desinfección primaria. Son más empleadas en Estados Unidos que en Europa, donde se emplea más el dióxido de cloro que por su parte presenta problemas debidos a su propia toxicidad y a la formación de clorito y clorato que se producen como substancias oxidadas.



Aunque puede concluirse que no hay un desinfectante perfecto, el más adecuado y la cantidad a aplicar dependerá de las condiciones y circunstancias locales que al fin nos lleve a disponer de un agua con el más bajo olor y sabor al desinfectante y subproductos derivados de él, a la vez que se consiga la mayor efectividad de desinfección.

Dado el menor poder oxidante y de desinfección del cloro residual combinado, se suele emplear éste para una desinfección secundaria, después de aplicar la técnica de la cloración libre dentro del proceso de tratamiento hasta la etapa de filtración y a continuación, tras la filtración, se aplica amoníaco y más cloro, si es necesario, para lograr la concentración de cloro combinado (cloramina) deseada, es decir, que después de destruir las cloraminas que pudieran haberse formado con el amoníaco o substancias orgánicas nitrogenadas presentes en el agua bruta y satisfacer la demanda de cloro de este agua, quede aún cloro libre residual (cloración con cloro sobrante) que será transformado en cloro combinado al incorporar amoníaco.

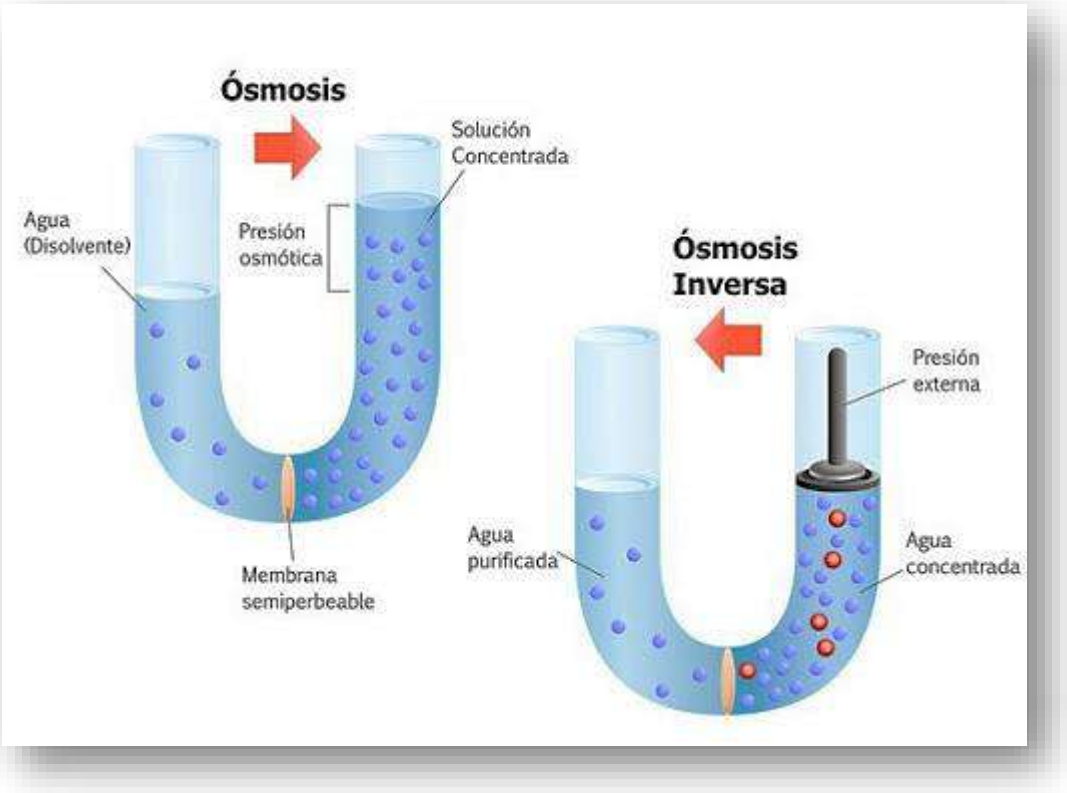
- ## DESALINIZACIÓN O DESALACIÓN POR ÓSMOSIS INVERSA

La escasez de agua dulce en muchas zonas de nuestro planeta y la mayor industrialización y desarrollo de muchos países, requiere mayores cantidades de agua. Para paliar este problema en muchos lugares, hay que recurrir a otras vías y tecnologías distintas de las que en otros lugares se han considerado como convencionales. La desalación de aguas salobres y aguas del mar está siendo el procedimiento más empleado en aquellas regiones más necesitadas de agua dulce. La desalación consiste esencialmente en eliminar las sales disueltas en el agua con el fin de hacerla potable o al menos utilizable en la industria , agricultura, etc.

El proceso de desalación es conocido desde la antigüedad, cuando a través de rudimentarios evaporadores y utilizando la energía solar se obtenía y sigue obteniéndose agua potable a pequeña escala. El desarrollo tecnológico actual, permite la producción a gran escala de agua apta para aplicaciones agrícolas e industriales partiendo del agua del mar u otras aguas salobres. De los varios procesos que se pueden aplicar para la desalación del agua, la adopción de uno u otro proceso, depende principalmente de las características físico-químicas del agua de partida y de la energía disponible, a su vez el costo de tratamiento depende igualmente, del agua sometida a tratamiento de la calidad requerida para el agua producida y de la cantidad de energía empleada.

Hasta 1980 la técnica de la evaporación súbita era la predominante, pero a partir de aquí se imponen los procesos de membrana, principalmente la osmosis inversa, gracias al desarrollo en el campo de las membranas, abaratándose el coste respecto a los procesos de evaporación. Antes de someter el agua al proceso de desalación hay que proceder, en general, a un pretratamiento (desinfección, filtración, descarbonatación, desincrustación, precipitación, etc.) para eliminar sólidos disueltos y en suspensión, que dificultarían y encarecerían el costo del proceso de desalación propiamente dicho. Suele aplicarse también una fase de postratamiento que incluye principalmente una remineralización, ajuste de pH y desinfección. La **osmosis directa** puede considerarse como el paso del agua u otros fluidos a través de membranas semipermeables, desde el medio de menor concentración al de mayor concentración.

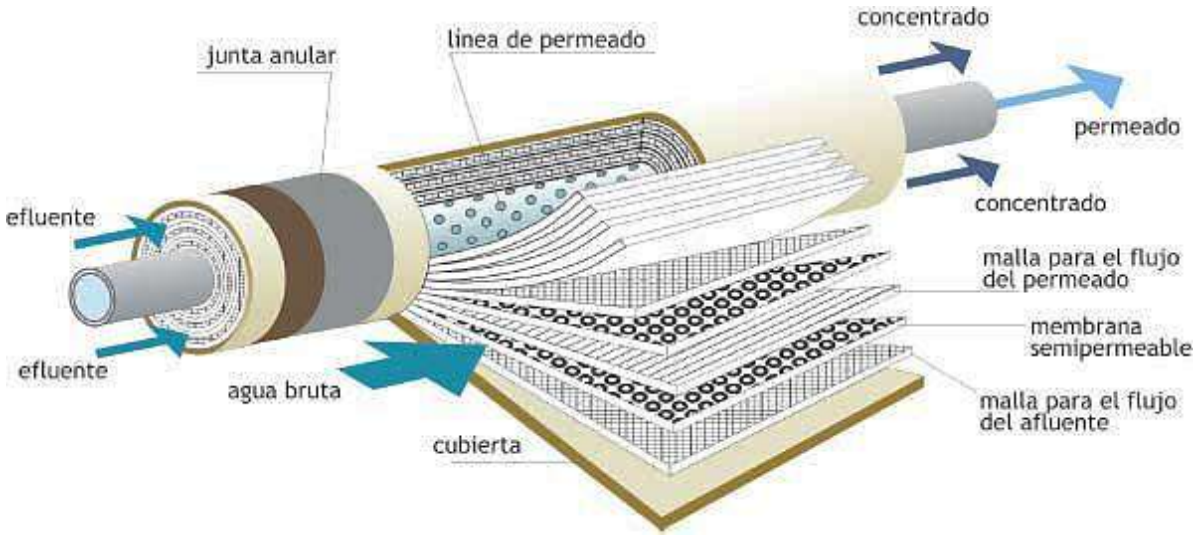
La osmosis directa es un proceso natural muy extendido entre las plantas y los seres vivos. Al colocar una membrana semipermeable separando dos compartimentos en comunicación con la atmósfera, en uno de ellos con agua pura y en otro una solución salina, se puede comprobar que el agua atraviesa la membrana desde el compartimento del agua pura hacía el de la solución salina más concentrada, aumentando la presión en el compartimento más concentrado hasta un valor conocido como presión osmótica, que impedirá que continúe el flujo que atraviesa la membrana; cuanto más salina sea la solución mayor será la presión osmótica.



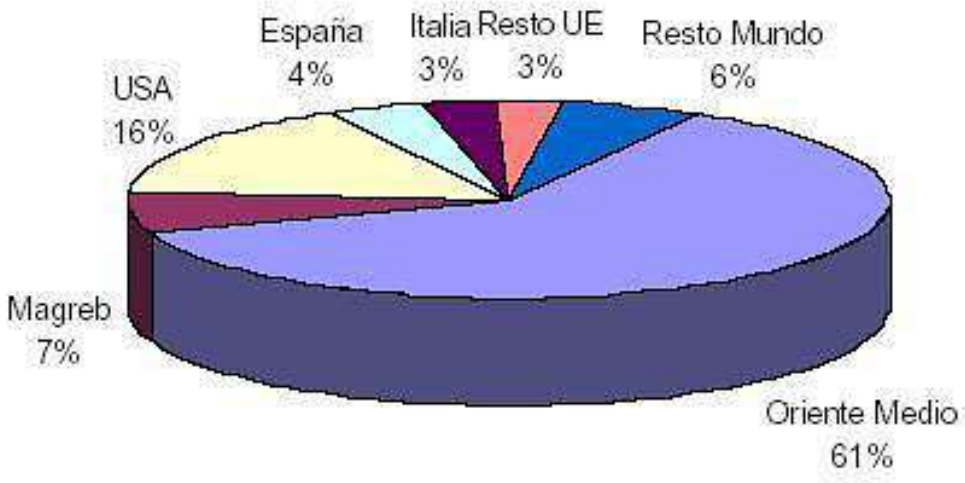
Invirtiendo el proceso de osmosis directa o natural, es decir, aplicando a la solución más concentrada una presión superior a la osmótica, no solo se anula el flujo de agua por la membrana sino que, ahora, el agua concentrada en sales atravesará la membrana concentrándose aún más la solución salina, mientras que en el otro lado de la membrana se obtendrá un agua prácticamente pura. En el proceso industrial de obtención de agua potable a partir de agua salobre o agua del mar haciendo pasar mediante una alta presión la solución salina a través de una membrana semipermeable, la solución cada vez más concentrada de sales se expulsa al exterior del equipo de osmosis inversa con una elevada energía debida a la presión aplicada, energía que se recupera en los dispositivos previstos al efecto.

El proceso de osmosis inverso para obtener agua del mar fue propuesto por primera vez por Charles E. Reid en 1953, presentándose a su vez la dificultad fundamental, cuál era la existencia de una membrana adecuada en el sentido de resistir químicamente la solución salina, por otra parte eran poco porosas para que el agua fluyera con facilidad y a la vez tenían un bajo rechazo de sales. En principio estos problemas fueron resueltos con el descubrimiento de la membrana de acetato de celulosa.

Posteriormente en el año 1962 se comprobó que estas membranas mejoraban notablemente tanto en el flujo del agua como en el rechazo de sales, si en lugar de ser homogénea se hacía asimétrica, la asimetría se debe a una delgada película de polímero en fase amorfa, con secciones cristalinas sobre la membrana, que posibilita el rechazo de las sales. Cuando se empezó a utilizar membranas sólo era posible desalar agua salobre, hasta unos 120 g/l. de sales totales disueltas. Hoy se puede desalar agua del mar con unos rechazos de sales superiores al 99%. Las membranas para osmosis inversa suelen comercializarse principalmente arrollada en forma de espiral y en forma de cartucho de fibra.



La desalación se ha extendido de tal forma, que si en 1969 la capacidad total de desalación a nivel mundial era del orden de 1 millón de m3/día, en 1982 pasó a 9 millones de m3/día, en 1994 la capacidad mundial era ya de 19 millones de m3/día (en aprox. 10.000 plantas). De esta cantidad, alrededor del 60% corresponde al tratamiento de agua de mar, estando las mayores plantas en la zona de Oriente Medio. En España aparecen las primeras plantas hacía 1964, en las Islas Canarias.



Con las membranas de osmosis inversa se reducen hoy día la concentración de sales del agua del mar en unas 100 veces, es decir, se pasan de 35.000 mg/l a unos 350 mg/l. Utilizando en la osmosis inversa membranas de alta presión y recuperando la energía se consume del orden de 4 a 5 Kwh/m3 de agua generada, partiendo de agua del mar y unos 15 Kwh/m3 si se sigue el proceso de evaporación. El aumento de planta desalinizadoras ha considerablemente en el mundo. En el año 2012, la capacidad desalinizadora global es de 66 millones de m^3 diarios esperándose alcanzar los 200 millones m^3 diarios en 2025, según Global Water Intelligence (GWI) y la International Desalination Association (IDA). En cuanto al origen del agua desalada, se estima que aproximadamente el 64 % proviene de procesos de membrana y el 36 % restante de procesos térmicos.

La investigación sobre membranas ha aumentado su eficacia y ha reducido los costes tanto de operación como de inversión. Con la osmosis inversa se emplean equipos modulares que presentan la ventaja de no necesitar grandes depósitos para almacenar el agua producida. Desde el punto de vista de las leyes de la física, se requiere aproximadamente una presión de 1 psi para eliminar 100 mg/l de sólidos disueltos en el agua por osmosis inversa, por tanto la presión osmótica de un agua salobre con 5.000 mg/l es del orden de 50 psi. La presión osmótica del agua del mar es de unos 400 psi, de forma que para vencer la presión osmótica y alcanzar una aceptable productividad, habrá de trabajarse a una presión mínima de 600 psi. Las plantas de desalación de agua del mar suelen operar entre 800 y 1.000 psi.

Se estima que a nivel mundial aproximadamente el 60% del agua desalada es agua de mar y también un 60% es el porcentaje que representan las tecnologías de membranas respecto a otras como la evaporación (que ya solo se usan en países del Golfo Pérsico y con tendencia a reducirse). Una curiosidad es que a nivel mundial solo el 3% del agua desalada se usa para la agricultura, mientras que en España ese porcentaje llega hasta el 23%. En 2019, había aproximadamente 16.000 plantas desalinizadoras en funcionamiento en todo el mundo, que producían unos 95 millones de metros cúbicos al día de agua desalinizada para uso humano.

En 1977, Cape Coral (Florida) se convirtió en el primer municipio de Estados Unidos en utilizar el proceso de ósmosis inversa a gran escala, con una capacidad operativa inicial de 11,35 millones de litros diarios. En 1985, debido al rápido crecimiento de la población de Cape Coral, la ciudad contaba con la mayor planta de ósmosis inversa de baja presión del mundo, capaz de producir 56,8 millones de litros al día.

Formalmente, la ósmosis inversa es el proceso de forzar un disolvente desde una región de alta concentración de solutos a través de una membrana semipermeable hasta una región de baja concentración de solutos aplicando una presión superior a la presión osmótica. La mayor y más importante aplicación de la ósmosis inversa es la separación de agua pura del agua de mar y salobre; el agua de mar o salobre se presuriza contra una superficie de la membrana, lo que provoca el transporte de agua desalinizada a través de la membrana y la aparición de agua potable por el lado de baja presión. Las membranas utilizadas para la ósmosis inversa tienen una capa densa en la matriz polimérica, ya sea la piel de una membrana asimétrica o una capa polimerizada interfacialmente dentro de una membrana compuesta de película fina, donde se produce la separación. En la mayoría de los casos, la membrana está diseñada para permitir que sólo pase agua a través de esta capa densa e impedir el paso de solutos (como los iones salinos).

Este proceso requiere que se ejerza una presión elevada en el lado de alta concentración de la membrana, normalmente de 2-17 bares (30-250 psi) para el agua dulce y salobre, y de 40-82 bares (600-1200 psi) para el agua de mar, que tiene alrededor de 27 bares (390 psi) de presión osmótica natural que debe superarse. Este proceso es más conocido por su uso en la desalinización (eliminación de la sal y otros minerales del agua de mar para producir agua dulce), pero desde principios de los años 70 también se utiliza para purificar agua dulce para aplicaciones médicas, industriales y domésticas.

Los procesadores portátiles de agua por ósmosis inversa se venden para la purificación personal del agua en diversos lugares. Para que funcionen con eficacia, el agua que alimenta a estas unidades debe estar bajo cierta presión (280 kPa (40 psi) o más es la norma).9 Los procesadores portátiles de agua por ósmosis inversa pueden ser utilizados por personas que viven en zonas rurales sin agua potable, lejos de las tuberías de agua de la ciudad. Los habitantes de zonas rurales filtran ellos mismos el agua del río o del océano, ya que el aparato es fácil de usar (el agua salina puede necesitar membranas especiales). Algunos viajeros que realizan largos viajes en barco, pescan o acampan en islas, o en países donde el suministro local de agua está contaminado o es deficiente, utilizan procesadores de agua por ósmosis inversa combinados con uno o varios esterilizadores ultravioleta.

En la práctica, una fracción de las bacterias vivas puede atravesar, y de hecho atraviesa, las membranas de ósmosis inversa a través de pequeñas imperfecciones, o eludir la membrana por completo a través de pequeñas fugas en las juntas circundantes. Por ello, los sistemas completos de ósmosis inversa pueden incluir etapas adicionales de tratamiento del agua que utilizan luz ultravioleta u ozono para evitar la contaminación microbiológica. El tamaño de los poros de las membranas puede variar de 0,1 a 5.000 nm según el tipo de filtro. La filtración de partículas elimina partículas de 1 µm o más. La microfiltración elimina partículas de 50 nm o más. La ultrafiltración elimina partículas de aproximadamente 3 nm o más. La nanofiltración elimina partículas de 1 nm o más. La ósmosis inversa pertenece a la última categoría de filtración por membrana, la hiperfiltración, y elimina partículas de más de 0,1 nm. Para la filtración de agua doméstica cuando no es necesario eliminar un exceso de minerales disueltos (ablandar el agua), la alternativa a la filtración por ósmosis inversa es un filtro de carbón activado con una membrana de microfiltración.

Una unidad de desalinización solar produce agua potable a partir de agua salina mediante un sistema fotovoltaico que convierte la energía solar en la necesaria para la ósmosis inversa. Debido a la gran disponibilidad de luz solar en diferentes zonas geográficas, la ósmosis inversa solar se presta bien a la purificación de agua potable en lugares remotos que carecen de red eléctrica. Además, la energía solar supera los costes de funcionamiento y las emisiones de efecto invernadero de los sistemas convencionales de ósmosis inversa, lo que la convierte en una solución sostenible de agua dulce compatible con los contextos en desarrollo. Por ejemplo, en el Territorio del Norte de Australia se ha probado con éxito una unidad de desalinización por energía solar diseñada para comunidades remotas.

Aunque el carácter intermitente de la luz solar y su intensidad variable a lo largo del día dificultan la predicción de la eficiencia fotovoltaica y la desalinización durante la noche, existen varias soluciones. Por ejemplo, las baterías, que proporcionan la energía necesaria para la desalinización en horas no soleadas, pueden utilizarse para almacenar energía solar durante el día. Aparte del uso de baterías convencionales, existen métodos alternativos para almacenar la energía solar. Por ejemplo, los sistemas de almacenamiento de energía térmica resuelven este problema de almacenamiento y garantizan un rendimiento constante incluso durante las horas sin luz solar y los días nublados, mejorando la eficiencia global. El agua de lluvia recogida de los desagües pluviales se purifica con procesadores de agua por ósmosis inversa y se utiliza para el riego de jardines y la refrigeración industrial en Los Ángeles y otras ciudades, como solución al problema de la escasez de agua. En la industria, la ósmosis inversa elimina los minerales del agua de las calderas de las centrales eléctricas. El agua se destila varias veces. Debe ser lo más pura posible para que no deje depósitos en la maquinaria ni provoque corrosión. Los depósitos en el interior o el exterior de los tubos de la caldera pueden provocar un bajo rendimiento de la caldera, reduciendo su eficiencia y dando lugar a una producción de vapor deficiente y, por tanto, a una producción de energía deficiente en la turbina.

También se utiliza para limpiar efluentes y aguas subterráneas salobres. Los efluentes de mayor volumen (más de 500 m3/día) deben tratarse primero en una planta de tratamiento de efluentes y, a continuación, el efluente limpio se somete al sistema de ósmosis inversa. El coste del tratamiento se reduce considerablemente y aumenta la vida útil de la membrana del sistema de ósmosis inversa. El proceso de ósmosis inversa para la purificación del agua no requiere energía térmica. Los sistemas de ósmosis inversa de flujo continuo pueden regularse mediante bombas de alta presión. La recuperación de agua purificada depende de varios factores, como el tamaño de la membrana, el tamaño de los poros de la membrana, la temperatura, la presión de funcionamiento y la superficie de la membrana. Además de la desalinización, la ósmosis inversa es una operación más económica para concentrar líquidos alimentarios (como zumos de frutas) que los procesos convencionales de tratamiento térmico. Se han realizado investigaciones sobre la concentración de zumo de naranja y de tomate. Sus ventajas incluyen un menor coste de funcionamiento y la posibilidad de evitar los procesos de tratamiento térmico, lo que la hace adecuada para sustancias sensibles al calor, como las proteínas y las enzimas que se encuentran en la mayoría de los productos alimentarios.

CALIDAD DEL AGUA POTABLE (ANÁLISIS DE LABORATORIO Y LEGISLACIÓN)

Capítulo 4: Análisis de laboratorio en agua potable

(Las fotografías de la presentación, son propiedad del autor y publicadas oportunamente con sus fuentes en su Blog científico: SEGURIDAD ALIMENTARIA, BROMATOLOGÍA y MICROBIOLOGÍA de los ALIMENTOS: www.bagginis.blogspot.com)

- **TOMA DE MUESTRAS PARA AGUA POTABLE**

El agua es un componente de nuestra naturaleza que ha estado presente en la Tierra desde hace más de 3.000 millones de años, ocupando tres cuartas partes de la superficie del planeta. Su naturaleza se compone de tres átomos, dos de hidrógeno y uno de oxígeno, y que unidos entre si forman una molécula de agua (H_2O), la unidad mínima en que ésta se puede encontrar. La forma en que estas moléculas se unen entre sí determinará la forma en que encontramos el agua en nuestro entorno; como líquidos, en lluvias, ríos, océanos, como sólidos en témpanos y nieves o como gas en las nubes. El agua es una sustancia muy sencilla, pero posee un conjunto de propiedades que la hacen única lo que, unido a su abundancia, le otorgan una gran importancia en el ciclo biológico del planeta. Entre sus notables propiedades se encuentran:

- El agua puede encontrarse en la naturaleza en sus tres estados, sólido, líquido y vapor, pudiendo existir en un momento dado en equilibrio entre sus tres formas.
- El hielo tiene una densidad inferior a la del agua líquida, (0,92 veces) y flota, lo que tiene gran importancia para la vida en mares, lagos, etc.
- El calor específico del agua es muy alto (1 cal/ºC).
- El calor latente de vaporización del agua es muy grande: a 20º C hay que comunicar 585 cal. para evaporar un gramo de agua.
- La conductividad térmica del agua es la mayor de todos los líquidos, con la única excepción del mercurio.
- La estructura molecular del agua es un dipolo: su constante dieléctrica es muy alta, mayor que para cualquier otro líquido, lo que le confiere la propiedad de disolver cualquier sustancia, aunque sea en cantidades extremadamente pequeñas. Ello hace que el agua no sea nunca químicamente pura, llevando siempre diversas sustancias, como gases, sales o grasas, disueltas.
- El agua es débilmente ionizable, conteniendo siempre algunos iones hidrógeno, dando un pH próximo a 6. La concentración de iones en el agua es muy importante para los organismos.

La calidad del agua, es un estado de ésta, caracterizado por su composición físico – química y biológica. Este estado deberá permitir su empleo sin causar daño, para lo cual deberá reunir dos características:

- Estar exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores.
- Estar exenta de sustancias que le comuniquen sensaciones sensoriales desagradables para el consumo (color, turbiedad, olor, sabor).

El criterio de potabilidad del agua depende fundamentalmente del uso al que se la destina (humano, industrial, agrícola, etc.). Agua potable es el agua, ya sea de superficie o subterránea, tratada y el agua no tratada, por no estar contaminada. La definición de agua potable se ha ido adaptando al avance del conocimiento científico y a las nuevas técnicas, en especial a las relacionadas con el análisis de contaminantes. La mala calidad del agua afecta a infinidad de actividades vitales, es un bien tan preciado que en la exposición de la Carta Europea del Agua (1968), comienza con: *"Sin agua no hay comida, no hay bebida, ni luz, ni calor, ni lluvia. ¡Sin agua no hay vida posible!"*

Hasta hace unas decenas de años la calidad de un agua destinada a un abastecimiento se centraba principalmente en que el agua estuviera exenta de sabores, olores, no fuera muy dura y no contuviera bacterias patógenas, confiándose en gran medida en que el poder auto depurador de los embalses o ríos, y la protección de las zonas de captación eran suficientes para lograr una aceptable calidad que se completaría con un tratamiento simple de decantación, filtración y desinfección, así como hacer determinadas comprobaciones generalmente bacteriológicas del agua en la red, ausencias de sabores y olores y presencia de ligeras concentraciones del desinfectante empleado. De cara al futuro, y como consecuencia de la polución creciente y los mayores avances de la técnica y la ciencia hay que considerar además otros caracteres que inciden de forma perjudicial en la salud del consumidor (pesticidas, detergentes, subproductos de la desinfección y otras sustancias orgánicas e inorgánicas, así como protozoos, virus, bacterias). El análisis del agua en su origen, nos proporciona los primeros datos respecto a su calidad, orientándonos en la selección de su captación y facilitando el tratamiento que hemos de aplicarle posteriormente. Un agua potable destinada al consumo humano, debe cumplir ante todo con una calidad sanitaria apta, tanto inmediatamente después de su proceso de tratamiento, como presentar una estabilidad biológica en la red de distribución.

Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego)

Es fundamental cuando se planifica un muestreo precisar claramente cuál es el objetivo del mismo (análisis físico-químico y/o microbiológico para consumo humano, para abrevado animal, para riego, otro), ya que éste define los elementos requeridos y las condiciones en que se realizará (envase, procedimiento y cuidados para la toma de la muestra, condiciones de traslado y conservación, etc.) que se deberá consensuar previamente con el Laboratorio con el cual se planifica realizar el análisis.

El muestreo es el primer paso para la determinación de la calidad de una fuente de agua, por lo que la persona que recoge una muestra y la lleva al laboratorio es corresponsable de la validez de los resultados. En este sentido debe asegurarse que la muestra sea representativa de la fuente cuya calidad se desea evaluar, y que no se deteriore, ni se contamine antes de llegar al laboratorio, ya que la calidad de los resultados, depende de la integridad de las muestras que ingresan al mismo. Por esto se recalca que la toma de la muestra debe realizarse con sumo cuidado, a fin de garantizar que el resultado analítico represente la composición real de la fuente de origen, y que antes de iniciar el muestreo se debe consultar al laboratorio sobre las condiciones en que éste debe desarrollarse y la información mínima requerida. Se debe aclarar que de nada vale un excelente análisis, con equipos sofisticados, si la muestra no es representativa.

MATERIAL DE CAMPO

Indispensable:

- Envases para el muestreo (rotulados o bien envases y elementos para rotular - cinta o etiqueta autoadhesiva y fibra indeleble)
- Planillas de registro, cuaderno y lápiz o birome

Opcional: De ser necesario (según objetivo y condiciones del muestreo):

- Conservadora con hielo o refrigerantes.
- Gotero o elementos para incorporar soluciones conservantes a las muestras que lo requieran.
- Jabalina o dispositivo necesario para la toma de la muestra.
- Otros elementos requeridos en función del objetivo del muestreo (por ejemplo para análisis microbiológico)

De ser posible:

- GPS
- Medidor de pH portátil.
- Conductivímetro portátil.
- Termómetro.
- Agua destilada para la limpieza de los electrodos y sondas.

ENVASE

Según los análisis que vayan a realizarse se definirá el tipo de envase a utilizar. El mismo estará en función de la cantidad de muestra a tomar y de la necesidad de dejar (en análisis microbiológicos) o no (en la mayoría de los análisis) una cámara de aire, o un espacio para mezclas o para el agregado de algún reactivo que permita la conservación de la muestra. En el caso de que las muestras deban ser transportadas, debe dejarse un espacio del 1% de la capacidad del envase para permitir la variación de volumen debida a diferencia térmica.

Para **análisis físico-químico** se utilizarán envases de plástico o vidrio, con buen cierre, nuevos. Si se va a reutilizar un envase, deben desestimarse envases que hayan contenido agua contaminada, combustibles, soluciones concentradas, etc., únicamente podrían reutilizarse envases de agua mineral o envases de gaseosa muy bien lavados, especialmente aquellos en base a Cola (por el ácido fosfórico). En todos los casos debe asegurarse que el envase se encuentre limpio, pero debe prestarse especial atención a no lavarlo con detergentes, hipoclorito de sodio (lavandina) u otros reactivos: el envase sólo puede ser enjuagado con agua. De todas maneras, se trate de un envase nuevo o reutilizado, previo a la toma de la muestra, deberá enjuagarse por lo menos tres veces con el agua a muestrear. La cantidad de muestra necesaria para un análisis físico-químico es de aproximadamente 1000 ml (1 litro) como mínimo. Si fuera necesario muestrear para algún análisis que requiriera del agregado de un reactivo específico para la conservación de la muestra, deberá preverse la toma en envases adicionales de menor capacidad. Para el caso particular del análisis de arsénico se deberá consultar con el Laboratorio con el cual se hará dicho análisis si es necesario acidificar, con que ácido realizar eso y que dosis aplicar. Si se va a acidificar, antes hay que filtrar la muestra con el elemento que recomiende el Laboratorio, por ejemplo, se puede filtrar con filtro de microfibra de vidrio (consultar). Para acidificar se usa normalmente 1 ml de HCl (ácido clorhídrico concentrado al 37%) o HNO3 (ácido nítrico). Depende del método de análisis. Para horno de grafito se utiliza HNO3 (ácido nítrico) en una cantidad tal que quede la muestra con una concentración de ácido del 0,2%).

Para análisis **microbiológico** se utilizarán frascos con capacidad de 250 a 300 ml, de plástico o vidrio, esterilizados, con tapa hermética y en lo posible de boca ancha. También pueden utilizarse bolsas especiales de polietileno estériles (fabricadas a tal fin), considerando que este tipo de envase es muy cómodo para la recolección y cerrado. También se debe tener presente al seleccionar los envases que este tipo de muestras debe mantenerse refrigerada (sí o sí) hasta su llegada al laboratorio y procesamiento. Normalmente se suelen utilizar envases esterilizados que se pueden adquirir en farmacias a muy bajo costo con una capacidad menor a la recomendada (consultar con el Laboratorio si es válido y alcanza para hacer los cultivos).

PROCEDIMIENTO

Identificación del sitio de la toma de muestra:
Debe hacerse de manera inequívoca. Si se dispone de GPS posicionar satelitalmente la ubicación, de lo contrario especificar el lugar de la manera más concreta posible.

Información requerida:

Al momento de muestreo es necesario recabar, como mínimo, la siguiente información:

- Identificación unívoca de la muestra (nombre, código, etc.)
- Identificación del sitio de muestreo (georreferenciación: latitud, longitud)
- Tipo de fuente y características de la misma (pozo calzado, perforación, canal, río, represa, aljibe, profundidad del nivel estático y total si fuera pozo o perforación, diámetro de la perforación o pozo, cercanía a pozos negros o industrias, existencia de pozos abandonados, etc.)
- Destino (consumo humano, animal, riego, etc.).
- Información acerca del Establecimiento y nombre del Propietario o Encargado (con datos de dirección, e-mail y/o TE) donde se ha muestreado e información adicional acerca de problemas que detecta el personal que puede atribuirse al agua, volumen diario que se extrae normalmente o algún dato indirecto que permita el cálculo (cantidad de personas, cantidad y tipo de animales que abrevan, superficie de riego).
- Condiciones de muestreo (fecha y hora).
- Nombre de quien realizó el muestreo.
- Tipo de análisis a efectuar (físico-químico y/o microbiológico).
- Reactivo empleado para su preservación, en caso de ser utilizado.
- Cualquier otra observación que se considere de importancia.

Y de ser posible:

- pH
- Conductividad Eléctrica
- Temperatura del agua al momento de la toma.

Rotulado de las muestras:
Es conveniente rotular los envases antes de iniciar el muestreo, ya que se cuenta con mejores condiciones de higiene. Es fundamental asegurarse que el rótulo sea seguro (que no se borre, se pierda o se destruya durante el traslado de la muestra), y que la identificación sea unívoca, para que no se confundan o se pierda la trazabilidad de las muestras, y lo más sencilla posible (recordar que toda la información requerida se volcará en la Planilla de Registro).

Toma de muestra para análisis físico-químico: Precauciones para la toma de la muestra en función de su origen.

Las muestras de agua pueden provenir de fuentes superficiales (ríos, arroyos, canales, represas, lagos, aljibes) o subterráneas (pozos calzados o de balde, perforaciones) y este aspecto definirá las condiciones de muestreo.

En función de la fuente que se vaya a muestrear, y para asegurar que la muestra sea lo más representativa posible del total, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones: cualquiera sea la fuente de agua, previo a la toma de la muestra, se enjuagará el envase por lo menos 2 a 3 veces con el agua a muestrear.

Agua de red: Para la toma de una muestra de agua de red se abrirá el grifo o canilla y se dejará que el agua corra el tiempo suficiente de manera de tener purgada toda la cañería que llega desde el tanque. El ramal donde se encuentre el grifo debe ser el principal, proveniente de la red, y no debe estar conectado en el trayecto con otras cañerías, filtros, ablandadores u otros artefactos que puedan alterar la calidad del agua del ramal principal. También se debe tomar la precaución de retirar del grifo o boca de salida las mangueras u otros accesorios, y de limpiarlo tratando de eliminar sustancias acumuladas en el orificio interno de salida del agua y en el reborde externo, dejando correr agua libremente para arrastrar cualquier residuo.

Agua de Perforaciones o Pozos Calzados: La muestra se debe tomar de la cañería inmediata al pozo y es conveniente que, antes de proceder a la toma de la muestra, la impulsión se mantenga en marcha el tiempo suficiente que contemple la profundidad del o de los acuíferos, hasta que el agua emerja clara (sin sedimentos ni restos vegetales) y que sea del acuífero. Se debe prestar especial atención a esto si el pozo estuviera en desuso. En pozos calzados o pozos de balde es importante extraer el agua hasta que se esté seguro que el agua es el del acuífero y no mezclada con la superficial y sin impurezas vegetales o de animales (estas cosas invalidan totalmente el análisis posterior). No se debe permitir el traslado ni recepción de muestras con olor, producto de materia orgánica en descomposición. Estas muestras no son representativas y se descartarán automáticamente. Si el pozo fuera nuevo se debe bombear el tiempo suficiente hasta que salga limpia, de manera de muestrear el agua del acuífero y en lo posible bombear con caudal de diseño, es decir, el caudal máximo que la perforación o pozo puede brindar con nivel dinámico estable. Es muy importante tener en cuenta a que profundidad se encuentra el chupón del mecanismo de bombeo y comparar con la conductividad eléctrica del agua superficial de ese pozo, perforación o represa “in-situ”, ya que es muy común en acuíferos, especialmente los libres, tener una gran variación de la salinidad. Esto incluso puede llegar a ser motivo de cambio de estrategia de la altura a que se debe extraer el agua. Lo que nunca debe suceder es que se cambie la altura de extracción de la muestra en una fuente de agua en un mismo punto (por ejemplo si no hay viento y el mecanismo de bombeo es un molino, entonces tomar con un recipiente de superficie del pozo o represa) ya que los valores hidroquímicos pueden ser muy distintos y el asesoramiento al Productor va a ser incorrecto.

Agua superficial proveniente de un curso de agua en movimiento (río, arroyo, canal, etc.): Debe ponerse especial atención en buscar puntos estratégicos de muestreo (puentes, alcantarillas, botes, muelles), ya que se debe muestrear de sitios donde el agua se encuentre en circulación. Nunca es recomendable muestrear desde donde se encuentra estancada. Si se tratara de muestreos periódicos o de control debe tratar de extraerse la muestra siempre en el mismo lugar. Cuando no es posible tomar la muestra directamente con la mano, debe atarse al frasco un sobrepeso usando el extremo de un cordel limpio o en su caso equipo muestreador comercial.

Agua superficial proveniente de un espejo de agua (represa, lago, etc.): En estos casos, se puede proyectar una jabalina a unos 2 metros de la orilla, para no muestrear del borde, evitando tomar la muestra de la capa superficial o del fondo. Sumergir el frasco en el agua (incorporando un peso) con el cuello hacia abajo hasta una profundidad de 15 a 30 cm, destapar y girar el frasco ligeramente permitiendo el llenado. Retirar el frasco después que no se observe ascenso de burbujas.

Tanque de almacenamiento, cisterna, aljibe, calicanto, etc.: Tomar la muestra bajando el frasco dentro del pozo hasta una profundidad de 15 a 30 cm. desde la superficie libre del líquido, evitando en todo momento tocar las paredes del pozo. Cuando no es posible tomar la muestra directamente con la mano, debe atarse al frasco un sobrepeso usando el extremo de un cordel limpio o en su caso equipo muestreador comercial.

Pasos prácticos para la toma de la muestra para análisis físico-químico

- Si el envase está rotulado verificar que sea el correcto.
- Que el envase tenga una capacidad de por lo menos 1 litro.
- Enjuagar 2 a 3 veces con la fuente de agua que se va a muestrear, desechando el agua de enjuague.
- Recoger la muestra sin dejar cámara de aire. Se puede dejar un mínimo sin llenar que permita la variación de volumen debida a potenciales diferencias térmicas. Si se le va a agregar algún conservante contemplar el volumen necesario para el mismo.
- Cerrar el envase asegurando su cierre hermético.
- Si no estaba rotulada la botella roturarla con tinta indeleble. Siempre tener papel y cinta adhesiva para emergencias o muestras no planificadas.
- Guardar la muestra en lugar fresco (interior de un vehículo) o en conservadora si fuera necesario y llevarla al Laboratorio en el menor tiempo posible (se recomienda como tiempo máximo de entrega a Laboratorio de 4 días).

Toma de muestra para análisis microbiológico: Precauciones para la toma de la muestra en función de su origen.

Agua de perforación, pozo calzado o de red: Donde el material lo permita, se debe calentar el grifo, canilla o caño que viene directamente del mecanismo de bombeo o del depósito principal durante el tiempo necesario para que el agua provenga directamente de la fuente (deseable) o del depósito principal. Para el calentamiento se puede utilizar un mechero o un hisopo con algodón bien embebido en alcohol. Cuando el agua a muestrear se encuentre clorinada, no debe olvidarse el agregado de Tiosulfato de Sodio, o utilizar envases que lo contengan en pastilla, con la finalidad de neutralizar los restos de cloro (consultar al Laboratorio).

Agua que proviene de un recurso superficial o de un depósito: En el caso particular de aguas superficiales o de depósitos de almacenamiento (río, canal, aljibe, cisterna, etc.) es conveniente lavarse previamente las manos con jabón para manipular los recipientes esterilizados y tomar la muestra.

Pasos prácticos para la toma de la muestra para análisis microbiológico

- El envase a utilizarse deberá estar esterilizado y durante la toma debe prestarse atención a mantener una adecuada asepsia para evitar la contaminación accidental de la muestra.
- Rotular el envase o verificar que el rótulo sea el correcto.
- Si el grifo, canilla o caño es metálico quemar con un mechero donde sale el agua (si el material es plástico realizar el mismo procedimiento pero un menor tiempo para que no se deteriore el material plástico), luego abrir el grifo, canilla o activar el mecanismo de bombeo y dejar salir el agua el tiempo suficiente hasta que se esté seguro que es agua de la fuente de agua o depósito, de manera que el chorro no sea intenso.
- Abrir el recipiente estéril, evitando todo contacto de los dedos con la boca e interior del mismo y sosteniendo la tapa de manera que ésta mire para abajo.
- Llenar el frasco dejando una cámara de aire. Durante el llenado es conveniente tener la precaución de mantener el frasco inclinado a 45° para evitar la introducción de partículas externas.
- Tapar inmediatamente asegurando un cierre perfecto.
- La muestra debe ser guardada en una conservadora obscura y con hielo bien limpia y que no contenga otros elementos propios del muestreo, o en la parte de abajo de una heladera. Nunca poner la muestra en la hielera o en un freezer. En cualquier caso también el mecanismo de conservación (conservadora, heladera) debe tener la mayor higiene posible y en el caso de la conservadora es indispensable no guardar otros elementos allí (comidas, bebidas, etc)
- Trasladarla lo más pronto posible a Laboratorio (tiempo máximo 2 días y correctamente refrigerada en lugar obscuro). Ideal es llegar al Laboratorio en unas pocas horas y de lunes a miércoles.

ACONDICIONADO Y TRANSPORTE DE LA MUESTRA

Para análisis físico-químicos

El acondicionamiento de las muestras dependerá del objetivo del muestreo. En general, puede ser necesario acondicionarlas con conservadores de frío, ya que algunas especies químicas (nitratos, nitritos y en menor medida los sulfatos) pueden sufrir transformaciones por acción microbiana. También deben mantenerse al resguardo de la luz, procurando enviarlas lo más rápido posible al laboratorio. Una buena opción, si no se dispone de conservadora con hielo, es tener las muestras en el interior de los vehículos con aire acondicionado hasta que se las lleva al Laboratorio o a algún medio de refrigeración adecuado (heladera). Si no se refrigera puede haber variación del pH por alteración de CO = y CO H-. No es significativa si hay poca materia orgánica. Es importante medir pH “in situ”. Recordar que un pH mayor o igual a 8,3 indica presencia de CO3= Los demás no tienen problemas. El As puede tener un proceso de metilación por acción bacteriana y tener un valor ligeramente menor en el resultado del análisis si se analiza con un método colorimétrico, pero no tiene este inconveniente si se analiza por horno de grafito. En todos los casos conviene acidificar la muestra con un pH muy bajo para evitar esos inconvenientes.

Si se transporta en un vehículo, con aire acondicionado no hay problemas si no pasa más de un día, salvo que sea una muestra muy cargada de bacterias y materia orgánica (pero esto nunca es conveniente que suceda en ningún caso).

Para análisis microbiológico

Es indispensable que la muestra se mantenga refrigerada hasta su arribo al laboratorio, ya que tanto las temperaturas mayores a 6ºC como la luz provocan la multiplicación de los microorganismos e invalidan la muestra dado que los resultados no reflejarán la realidad. Siempre es conveniente tomar la muestra y transportarla los primeros días de la semana (hasta el miércoles en lo posible, sino consensuar previamente con el Personal del Laboratorio), previendo feriados o días no laborables, ya que, si se requiriera análisis microbiológico, una vez en el Laboratorio son necesarias por los menos 48 hs. para realizar los cultivos. En caso de demorarse el envío, se guarda en la heladera en la parte de abajo, pero no es conveniente que pase más de dos (2) días. En cualquier caso debe evitarse el congelamiento de la muestra (el lugar correcto para conservar las muestras que no se hayan podido entregar al laboratorio es en la parte inferior de una heladera común). En resumen, tres (3) cosas afectan a los organismos vivos en una muestra para análisis microbiológico:

- las temperaturas por arriba de los 6°C
- la luminosidad
- las temperaturas de congelamiento.

Las dos primeras cosas hacen que esos organismos se multipliquen y la muestra no sea válida y de resultados que no reflejen la realidad. La tercera hace que se mueran y de un resultado de no contaminación cuando sí puede haberla. Las muestras para análisis microbiológico se deberán efectuar de manera separada a las destinadas para análisis físico-químico, tanto en el tipo de recipiente, como en su conservación y en el tiempo de envío a Laboratorio. Hay que guardar las muestras para análisis microbiológico en un ambiente lo más limpio posible. La limpieza de los vehículos es importante para evitar problemas de contaminación. Nunca hay que exponer las muestras al sol, guardarlas en lugar fresco y trasladarlas sin demoras al Laboratorio, si es posible el mismo día del muestreo asegurando la correcta identificación de las muestras.

Momento de las tomas de las muestras en acuíferos y cursos de agua superficiales

Se realizan las mismas en función de la naturaleza y del objetivo del estudio. Por ejemplo, para estudiar la incidencia de la recarga de los acuíferos anualmente que se produce de manera natural es conveniente tomar una muestra trimestral del agua de los acuíferos (especialmente en acuíferos libres).

- Primavera: toma de la muestra en septiembre
- Verano: toma de la muestra en diciembre
- Otoño: toma de la muestra en marzo
- Invierno: toma de la muestra en junio

Es importante que cuando se identifiquen los cambios que se buscan se hagan los análisis, sea el proceso debido a eventos naturales o a acción antrópica. Debemos adaptarnos a la naturaleza y no pretender que la naturaleza se adapte a nuestros muestreos. Para los muestreos se deberá estar muy atento a los años hidrológicos secos y húmedos, y al manejo hídrico que hace el hombre de los cursos superficiales y subterráneos. Si el objetivo es de mediano y largo plazo todos los años se deben tomar las muestras en las mismas fechas (desfasajes menores a una quincena). Preferentemente deberán estar en torno a una semana (previa o posterior). Si se analiza en esas muestras repetitivas que se mantienen las proporciones de los cationes y aniones con respecto a la Conductividad Eléctrica (CE), habrá que analizar si no es suficiente con la medición "in-situ" de la CE y de pH de los puntos muestreados de interés, ya que eso significa ahorro de tiempo e inversiones. En los cursos de agua superficiales será necesario tomar una muestra de agua mensual, dependiendo de la dinámica de la cantidad y calidad del recurso, donde se evaluará si es necesario esta cantidad de muestreos o es suficiente con un monitoreo de CE y de pH.

Planilla de registro del lugar

Para tener un registro de situación de cada punto de muestreo, es necesario realizar una Planilla de Registro de cada punto de interés, donde se deben asentar datos específicos de ese punto, algunos esenciales, otros complementarios:

Identificación de la muestra (nombre, clave y/o sitio)	**Sí o sí**
Georeferenciación o Ubicación GPS (latitud y longitud) **(X)**	**Sí o sí**
Propietario, Encargado, Referente, Comisionado (especificar)	**Sí o sí**
Localidad, Paraje o Establecimiento	**Sí o sí**
Departamento, Provincia	**Sí o sí**
Dirección postal, TE y/o e-mail (especificar)	Deseable
Destino de la fuente de agua: consumo humano, bebida de animales, riego, otro (especificar)	**Sí o sí**
Fuente de agua analizada (perforación, pozo calzado, río, canal, aljibe, etc.)	**Sí o sí**
Profundidad del nivel estático y dinámico del pozo o de la perforación (medido por el técnico que toma la muestra)	Deseable
Profundidad total del pozo o perforación (corroborado por el técnico que toma la muestra)	Deseable
Diseño de la perforación (acuíferos que se aprovechan, donde se ubican los filtros)	Deseable
Sistema de bombeo o de extracción (puntual, sistema araña, pozo de gran diámetro, chupador flotante)	**Sí o sí**
Manejo del acuífero (con o sin recarga inducida a través de perforaciones o de represas cercanas)	Deseable

Equipo de bombeo (molino, bomba centrífuga, electrobomba sumergible, con máxima capacidad de extracción)	Deseable
Caudal de diseño del pozo o la perforación (lt/h)	Deseable
Volumen diario que se extrae normalmente (lt/día)	Deseable
Extracción continua o controlada de las perforaciones o pozos	Deseable
Caudal instantáneo en cursos superficiales en el momento del muestreo	Deseable
Cantidad de rumiantes mayores que se abastecen de esa fuente	Deseable
Cantidad de rumiantes menores que se abastecen de esa fuente	Deseable
Cercanía a lugares contaminantes (pozos negros, industrias, etc.)	Deseable
Tipo de fuentes restantes (perforaciones, pozos, represas, cursos de agua superficiales, lagunas, etc.)	Deseable
Inconvenientes en personas, animales y/o en cultivos bajo riego que utilizan el agua muestreada	Deseable
Características del suelo que se quiere regar con la fuente muestreada (permeabilidad/ salinidad /Sodio, conductividad eléctrica del sustrato)	Deseable
Tipo de sistema de riego	Deseable
Cultivos que se planifican regar	Deseable

(X) la latitud y longitud son indispensables. Si un productor o técnico acerca la muestra al INTA o al Laboratorio sin las coordenadas, necesariamente el Técnico responsable deberá concurrir a dicho lugar para georeferenciar o apoyarse en herramientas como el Google Earth para ubicar convenientemente el lugar de muestreo. Este dato se necesita porque va a ser el utilizado para poder ubicar los lugares en una capa de un SIG sobre cantidad y calidad de agua.

Datos básicos para solicitar en un análisis físico-químico:

Corresponderán según el objetivo de utilización de la fuente de agua de muestreo, de la región donde se realiza el muestreo, del instrumental disponible en el Laboratorio y del monto disponible para estos análisis (para ello consultar con Especialistas del Laboratorio y/o con Coordinadores de Proyectos a los cuales se vinculan los estudios). Como ejemplo se pueden solicitar datos básicos requeridos en un análisis físico-químico:

- Conductividad eléctrica,
- Residuo Seco,
- pH,
- Dureza Total
- Alcalinidad Total
- Cationes (Ca, Mg, K, Na)
- Aniones (CO3, HCO3, SO4, Cl)
- Nitratos
- Nitritos
- Arsénico
- Flúor

Datos básicos requeridos en un análisis microbiológico:

- Coliformes totales
- Escherichia coli o termorresistentes
- Estreptococos fecales
- Salmonella

PARÁMETRO	PRESERVACIÓN	RECIPIENTE Y VOLUMEN
Fisicoquímicos	**4 a 10° C**	**2 frasco de plástico de 1L**
Microbiológicos	**4 a 10° C**	**1 bolsa de plástico estéril con tiosulfato de sodio.**
Metales	**4 a 10° C, pH < 2, ácido nítrico libre de metales**	**1 frasco de plástico de 1L**
Nitrógeno / SAAM / DQO	**4 a 10° C, pH < 2, ácido sulfúrico**	**1 frasco de plástico de 1L**
Cianuros	**4 a 10° C, pH > 12, hidróxido de sodio al 40%**	**1 frasco de plástico de 1L**
Fenoles	**4 a 10° C, 2 mL ácido sulfúrico + 5 mL de sulfato de cobre al 10%**	**1 frasco de plástico de 1L**
Sulfuros	**4 a 10° C, 40 gotas de acetato de zinc 2 N por cada litro, antes de llenar el frasco.**	**1 frasco de vidrio de 1L**
Radiológicos	**4 a 10° C**	**1 frasco de plástico de 1L**
Trihalometanos	**4 a 10° C**	**1 tubo de vidrio de 25 mL**
Plaguicidas	**4 a 10° C**	**1 frasco de vidrio de 1L**
Hidrocarburos aromáticos	**4 a 10° C**	**1 tubo de vidrio de 25 mL**

- **ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUA POTABLE**

De acuerdo a lo reglamentado en la República Argentina por sanción de la **LEY DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO (LEY Nº 19.587 - Bs. As., 21/4/72),** para establecer la potabilidad del agua se realizan ensayos en forma periódica y de carácter obligatorio (Arts. 57 y 58)que determinan el color, olor, turbiedad, pH, residuo fijo, conductividad, dureza, calcio, magnesio, alcalinidad, sulfato, nitrato, nitrito, amonio, cloro residual y oxidabilidad. Los estudios de potabilidad del agua y la posible presencia de Bifenilos Policlorados (PCBs) son exigidos por el Servicio Nacional de Sanidad Agroalimentaria (SENASA) a la industria frigorífica cárnica, además de realizarse para particulares que lo soliciten.

Un interés particular reviste la determinación de nitratos, nitritos, amonio y cloro residual. Una excesiva exposición a nitratos y nitritos trae como consecuencia la formación de compuestos que impiden la liberación de oxígeno en los tejidos. Los nitratos agravan el problema por su acción vasodilatadora. En otro orden, la aparición de amonio es un indicador de probable materia orgánica en descomposición: presencia de microorganismos. En cuanto al cloro activo, siendo un poderoso desinfectante, se requiere una cantidad mínima (y máxima) para asegurar la calidad. Por último, los PCBs son conocidos por su probable acción cancerígena y por provocar otros importantes trastornos para la salud en animales y humanos.

Elementos a determinar en el análisis Físico Químico del agua

Características físicas:

- Turbiedad: máx. 3 NTU
- Color: máx. 5 escala Pt-Co
- Olor: sin olores extraños

Características químicas:

- pH: 6,5 - 8,5 pH: 6,5 - 8,5

Substancias inorgánicas:

- Amoníaco (NH4+) máx.: 0,20 mg/l
- Cloruro (Cl-) máx.: 350 mg/l
- Dureza total (CaCO3) máx.: 400 mg/l
- Fluoruro (F-): Entre 0.7 y 1.2 mg/l
- Nitrato (NO3-,) máx.: 45 mg/l
- Nitrito (NO2-) máx.: 0,10 mg/l
- Sólidos disueltos totales, máx.: 1500 mg/l
- Sulfatos (SO4=) máx.: 400 mg/l
- Cloro activo residual (Cl) mín.: 0,2 mg/l
- Arsénico (As) máx.: 0,01 mg/l
- Hierro total (Fe) máx.: 0,30 mg/l
- Manganeso (Mn) máx.: 0,10 mg/l

Avanzaremos ahora en el procedimiento de cada técnica tratando de ser lo mas escuetos posible, como para entender el procedimiento del análisis en sí, valga la redundancia.

TECNICAS DE ANÁLISIS FÍSICOQUIMICO EN AGUA POTABLE

TURBIEDAD O TURBIDEZ

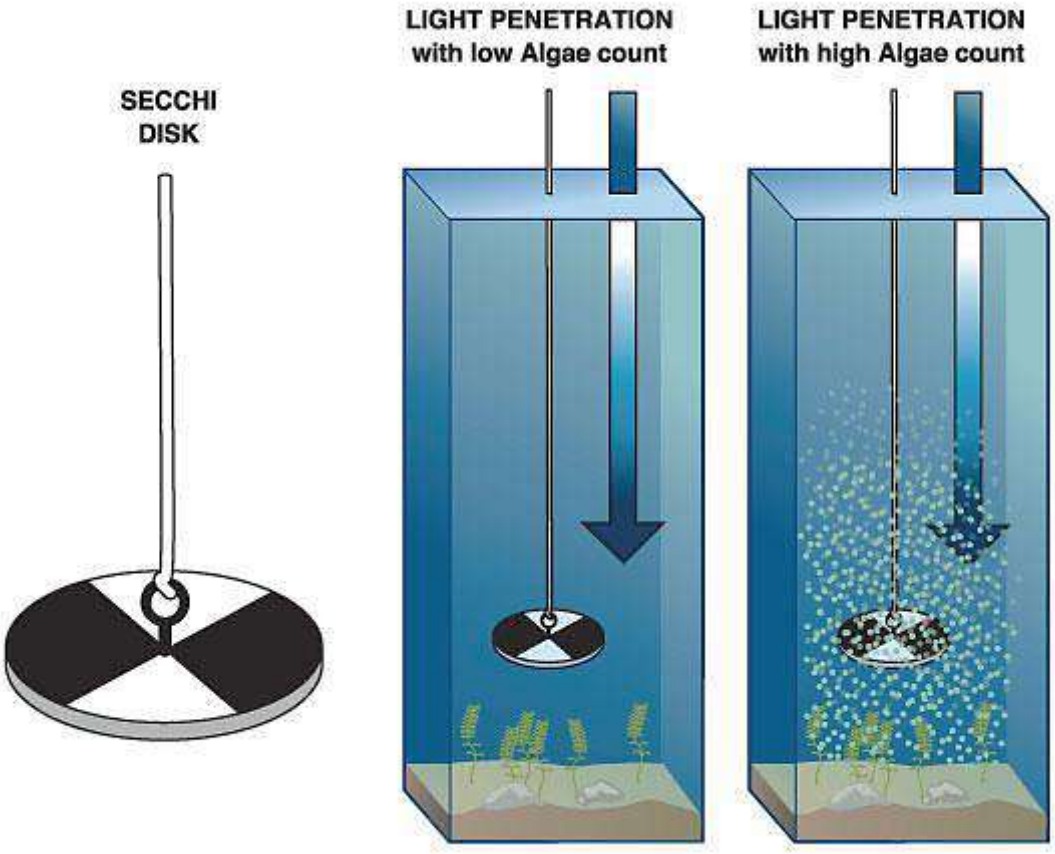
La turbidez es una de las cualidades más comunes e intuitivas del agua. Lo primero que notamos en el agua es lo turbia que está. Sin embargo, detrás de la turbiedad existen algunas implicaciones importantes. La turbidez puede afectar todo, desde cómo se desinfecta el agua hasta la calidad de nuestros lagos, océanos y arroyos. En su forma más simple, la turbidez es solo lo turbio del agua. La turbiedad generalmente proviene de partículas que están suspendidas en el agua y que no podemos ver individualmente. Estas partículas podrían ser algas, suciedad, minerales, proteínas, aceites o incluso bacterias. La turbidez es una medición óptica que indica la presencia de partículas suspendidas. Se mide haciendo brillar una luz a través de la muestra y cuantificando la concentración de partículas en suspensión. Mientras más partículas se encuentren en la solución, mayor será la turbidez. Es importante tener en cuenta que, a pesar de que la turbidez se relaciona con los sólidos en suspensión, medir la turbidez no es lo mismo que medir los sólidos suspendidos totales (SST). Las mediciones de SST son gravimétricas, que cuantifican la masa de los sólidos suspendidos en una muestra, realizadas pesando los sólidos separados.

La turbidez es un parámetro de referencia de la calidad del agua en todos los entornos, desde una instalación municipal de agua potable hasta para el control ambiental. El objetivo principal del tratamiento del agua potable es eliminar y reducir la turbidez. A lo largo del proceso de tratamiento, la turbidez es medida en diferentes etapas para determinar la eficiencia del tratamiento y para garantizar el cumplimiento de las regulaciones gubernamentales.

La materia suspendida (sólidos, algas, etc.) en el agua reduce la eficacia de los productos químicos desinfectantes y pueden actuar como un portador de bacterias y parásitos. La turbidez tiene una gran importancia en el control ambiental, donde la turbiedad del agua puede indicar contaminación. Por ejemplo, después de una tormenta, los escurrimientos de la agricultura, la tala y los sitios de construcción puede inundar rápidamente las aguas naturales con sedimentos. Esto puede interrumpir la vida acuática que habita en el fondo del agua, lo que requeriría de dragado para remediarlo.

Existen muchos métodos para medir la turbidez. Como una medición de que tan turbia está el agua, podemos usar desde métodos visuales hasta medidores a gran escala para cuantificarla. Algunos métodos visuales, como el disco Secchi, son ideales para el uso ambiental de campo. Este consiste en un disco que se sumerge en el agua hasta que ya no es visible. La profundidad a la que el disco ya no es visible es la profundidad de Secchi. Este método es subjetivo y funciona mejor en aguas naturales de movimiento lento y baja turbidez.

La mejor forma de medir la turbidez en una gran variedad de muestras es con un nefelómetro, también conocido como turbidímetro. Los turbidímetros utilizan un detector de luz y filtros para medir la dispersión de la luz y leer las unidades de turbidez, como unidades de turbidez nefelométricas (NTU) o unidades de turbidez de formazina (FTU).



La mayoría de los esfuerzos para reducir la turbidez se dirigen a la prevención de eventos de contaminación. Sin embargo, el agua potable y las plantas de aguas residuales tratan el agua para reducir la turbidez. Se han establecido normas para garantizar la seguridad del agua potable y la eficiencia del proceso. Unos de los primeros pasos en el proceso de tratamiento del agua potable es eliminar las partículas en suspensión del agua. Para lograr la clarificación, el agua se mezcla con un coagulante, como el alumbre. El suelo y otras partículas tienen una carga negativa y se repelen entre sí, dando lugar a partículas finas dispersas. La adición de alumbre neutraliza el material suspendido para que las partículas se unan para formar partículas más grandes, conocidas como “flóculos”. Posteriormente, el agua pasa a través de un tanque de sedimentación, donde los medios filtrantes eliminan los flóculos. Después de que se eliminan la mayoría de las partículas disueltas, el agua pasa a través de un filtro final que retira hasta el 99.5% de los sólidos suspendidos restantes.

La USEPA requiere que el 95% del agua potable en un periodo de un mes tenga una lectura de turbidez menor a 0.5 NTU y que ninguna muestra exceda 5 NTU en ningún momento. Los medidores de turbidez son dispositivos que tienen una fuente de luz, una lente y un detector localizados a 90°de la fuente de luz que trabajan juntos para medir la turbidez de una muestra. Cuando se coloca una muestra en el paso entre la fuente de luz y el detector, algunas de las partículas en la muestra dispersan la luz de tal forma que llega al detector a 90°. El detector determina la cantidad de luz dispersada y compara la lectura con los estándares en una curva de calibración.

Algunos medidores incorporan otro detector a 180° para contabilizar la luz transmitida. Esto puede ayudar con muestras que tienen una alta turbidez para corregir la pérdida de luz debido a la atenuación y retrodispersión (reflexión). Las mediciones de la turbidez a 90° y 180° se denominan método de relación. Una vez que tenga su medidor, tomar las mediciones de turbidez es muy sencillo e involucra solamente unos simples pasos:

1. Calibre el medidor con los estándares
2. Llene una celda con la muestra
3. Limpie el exterior de la celda y si trabaja con muestras con muy baja turbidez, utilice aceite de silicón en el exterior de la celda.
4. Coloque la celda dentro del medidor y tome la lectura.

Estándares de turbidez: Los estándares de turbidez son una parte igualmente importante de la medición. La mayoría de los estándares modernos de turbidez están hechos de formazina, un polímero sintético con un tamaño de partícula uniforme. El polímero está hecho de hidracina y hexametilentetramina. La consistencia de este compuesto lo ha llevado a su aprobación por casi todas las organizaciones de estándares, tales como ISO, EPA y ASBC. Una suspensión de 1.25 mg/L de sulfato de hidracina y 12.5 mg/L de hexametilentetramina en agua tiene una turbidez de una Unidad de Turbidez de Formazina (FTU). La mayoría de las otras unidades de turbidez se basan en FTUs, pero varían de acuerdo con el método utilizado. Existen muchas unidades diferentes, pero aquí presentamos algunos ejemplos:

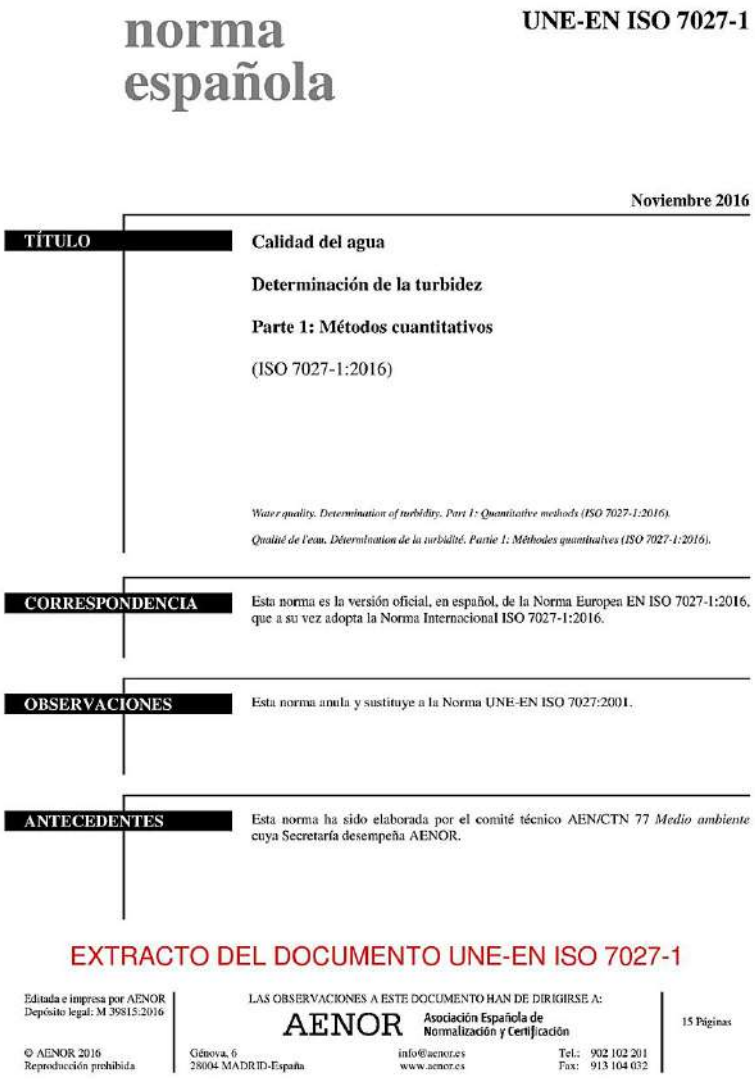
- Unidades de turbidez nefelométricas (NTU): Unidad que es igual a FTU pero se mide utilizando un diseño de medidor de turbidez que cumple con los estándares EPA.
- Unidad de Relación de Turbidez Nefelométrica (NTRU). Unidad basada en EPA que utiliza el método de relación para determinar la turbidez.
- Unidades Nefelométricas de Formazina (FNU): Iguales a FTU pero medidas usando las normas ISO 7027 para el diseño del medidor.
- Sociedad Estadounidense de Químicos Cerveceros (ASBC-FTU). Usa los estándares ASBC para el diseño del medidor de turbidez.

Es importante decidir con qué método debe cumplir cuando elige un medidor de turbidez. Existen muchos diseños diferentes de medidores de turbidez, pero dos son los más comunes:

los que cumple con la norma internacional EPA 180.1 y los que cumplen con la norma ISO 7027. Es importante tener en cuenta que los medidores no están aprobados individualmente por estos organismos, sino que, simplemente se ajustan a los requisitos establecidos por estas normas. Los medidores que cumplen con la EPA cumplen con el método estándar 180.1, el estándar para determinar la turbidez en muestras de agua potable, subterránea, superficial, residual y de mar. Funciona mejor en un intervalo de 0 a 40 NTUs, lo que lo hace ideal para muestras de bajo intervalo. Además, estos medidores tienen los siguientes requisitos (Extracto de Métodos para la Determinación de Sustancias Inorgánicas en Muestras Ambientales)

- Fuente de luz: Lámpara de tungsteno que opera a una temperatura entre 2200 – 3000 ºK.
- Distancia recorrida por la luz incidente y la luz dispersa dentro del tubo de muestra: El total no debe exceder los 10 cm.
- Detector: Centrado a 90° de la trayectoria de la luz incidente y no excede ±30° desde 90°. El detector, y el sistema de filtro si se utiliza, debe tener una respuesta máxima espectral entre 400 nm y 600 nm.
- La sensibilidad del instrumento debe permitir la detección de una diferencia de turbidez de 0.02 NTU o menor en aguas que tienen menos de 1 unidad.

Según estos requisitos, los medidores que cumplen con la EPA son:
(+) Ideales para mediciones de intervalo bajo, como agua potable.
(+) Cumplen con las normas EPA para el uso de informes
(-) Rendimiento deficiente con muestras con color debido a la absorbancia de la luz blanca



norma española

UNE-EN ISO 7027-1

Noviembre 2016

TÍTULO

Calidad del agua

Determinación de la turbidez

Parte 1: Métodos cuantitativos

(ISO 7027-1:2016)

Water quality. Determination of turbidity. Part 1: Quantitative methods (ISO 7027-1:2016).

Qualité de l'eau. Détermination de la turbidité. Partie 1: Méthodes quantitatives (ISO 7027-1:2016).

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 7027-1:2016, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 7027-1:2016.

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN ISO 7027:2001.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 77 *Medio ambiente* cuya Secretaría desempeña AENOR.

EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN ISO 7027-1

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 39815:2016

© AENOR 2016
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:
AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación
Génova, 6
28004 MADRID-España
info@aenor.es
www.aenor.es
Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

15 Páginas

A su vez, hay medidores de turbidez que cumplen con ISO 7027. Estos medidores tienen requisitos similares a los de la EPA, pero presentan algunas diferencias clave:

- La longitud de onda para la fuente de "luz" debe ser un LED infrarrojo de 860 nm. Hay que considerar que técnicamente no se trata de una luz visible, sino de radiación infrarroja (IR).
- El ancho de banda espectral de la radiación incidente debe ser inferior o igual a 60 nm.

Los medidores que cumplen con ISO también tienen detectores de luz a aproximadamente 90° de la fuente de radiación, aunque el método también admite el uso de detectores en otros ángulos para determinar la cantidad de luz que es atenuada por la muestra (es decir, a 0°C). En general:
(+) Los medidores ISO utilizan una LED infrarroja, que elimina la interferencia por el color de la muestra.
(+) El método de relación permite una mayor exactitud en muestras de mayor turbidez.
(-) No aceptado por la US-EPA para propósitos de presentación de informes.

No importa qué tipo de medidor se elija, asegúrese de consultar a cualquier agencia regulada si los valores de turbidez son para fines de informes. Ambos medidores pueden usar los estándares de formazina o AMCO-AEPA-1, un estándar disponible comercialmente. Ahora que sabe cómo realizar las mediciones y qué tipo de medidores existen, mostraremos algunas mejores prácticas para el análisis de la turbidez:

Inicie con celdas en buen estado: Como se mencionó, cuando se mide turbiedad, se está determinando la turbidez de una muestra causada por los sólidos en suspensión. Para ello, se necesita una celda para contener la muestra. Las celdas son una parte crítica de la ecuación debido a que la luz pasa a través de ellas al igual que la muestra. Asegúrese de que las celdas sean transparentes y libres de rayaduras. Las rayaduras interferirán con la forma en que la luz pasa a través del vidrio, llevando a falsos resultados. Por fortuna, arreglar esto es tan fácil como reemplazar cualquier celda que esté manchada o muestre rayaduras visibles.
Aplique aceite de silicón a sus celdas: Al igual que con las rayaduras e imperfecciones visibles en el vidrio pueden afectar las lecturas de turbidez, las pequeñas manchas imperceptibles también pueden afectar los resultados. Estas manchas aparentemente microscópicas son especialmente relevantes si se miden muestras en el intervalo bajo, así como con el agua potable. El aceite de silicón se puede usar para enmascarar imperfecciones en el vidrio. El aceite de silicón tiene el mismo índice de refracción que el vidrio, por lo que no interferirá con las lecturas. Simplemente tome unas gotas de aceite, agréguelo a la celda y luego limpie bien la celda con un paño sin pelusa. Una vez hecho esto correctamente, debe tener una celda que parezca prácticamente seca sin aceite visible. Es importante tener en cuenta que el aceite de silicona solo es efectivo para llenar imperfecciones menores en el vidrio. Las rayaduras grandes y visibles deben considerarse como una señal para reemplazar la celda.

Utilice estándares de turbidez vigentes: Todos estamos de acuerdo en que la clave para obtener resultados exactos es realizar una calibración exacta, y una calibración exacta proviene de estándares confiables. Aunque los estándares modernos basados en formazina son más estables y confiables que los utilizados históricamente, aún son perecederos. Los métodos de la EPA establecen que los estándares de formazina (a 40 NTU) hechos internamente deben prepararse mensualmente y que cualquier dilución de este estándar debe prepararse diariamente. Además, los estándares de formazina tienen una tendencia a coagularse y asentarse en el fondo del recipiente. Para ahorrar tiempo, busque los estándares primarios AMCO-AEPA-1 que están disponibles comercialmente y se ajustan al medidor. Idealmente, estos estándares deben venir como un kit en viales presellados que se pueden colocar fácilmente en la celda. Los estándares AMCO también son más estables que los estándares de formazina casera, permitiendo años de uso (aproximadamente 3 años). Busque aquellos que cuenten con un certificado de análisis (COA) y la fecha de vencimiento para su tranquilidad.
Limpie la celda: Todos hemos dejado algunos materiales, de laboratorio o de otro tipo, para limpiar más tarde, pero definitivamente no lo hagas con las celdas de turbidez. Las manchas en la celda pueden absorber la luz o dispersarla, lo que resulta en una medición de turbidez del vidrio sucio y de la muestra. Es fundamental que las celdas de turbidez estén especialmente limpias. Si se forman manchas en el vidrio, use un ácido diluido y otro limpiador para eliminar las manchas. Una vez limpias, asegúrese de enjuagar las celdas con agua destilada o desionizada.
Uso del método de relación: A medida que aumentan las partículas en suspensión en una muestra, esta tiende a dispersarse, así como a absorber y reflejar la luz. Esta luz "perdida" puede hacer que las mediciones de turbidez se lean de manera diferente al valor real. Puede resolver este problema de las muestras de alta turbidez de dos maneras. Una manera de hacerlo es diluyendo cualquier muestra altamente turbia con agua libre de turbidez. Una vez diluida, se mide la muestra normal y posteriormente se corrige por el factor de dilución. El método EPA 180.1 requiere dilución para cualquier muestra por encima de 40 NTU antes de la medición. Otra forma de compensar la luz que está retrodispersada o atenuada es usar el método de relación. Muchos medidores están equipados con otros detectores a diferentes ángulos para determinar y compensar la luz perdida. Los diseños que utilizan estos métodos cumplen con el método estándar 2130B y la norma provisional mejorada para el tratamiento de aguas superficiales de la USEPA.
Evite la condensación en las celdas: Finalmente, la turbidez puede verse afectada por la condensación. Con el tiempo, se puede formar condensación en el vidrio, especialmente si las muestras son frías. La condensación en el exterior del vidrio oscurece la luz de las muestras, lo que causa lecturas erróneas de turbidez. Puede evitar esto simplemente limpiando las celdas periódicamente con un paño limpio y sin pelusa. Engrasar la celda también ayuda a reducir la condensación.

COLOR

Usualmente cuando se examina el agua, las primeras propiedades que se suelen considerar son las siguientes: color, sabor y olor, características inherentes a ella. Considerando la primera de ellas, el color, vemos que el agua de uso doméstico e industrial tiene como parámetro de aceptación la de ser incolora.
En la actualidad, gran cantidad del agua disponible se encuentra colorida y se tiene el problema de que no puede ser utilizada hasta que no se le trata removiendo dicha coloración.

Las aguas superficiales pueden estar coloridas debido a la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), humus, materia orgánica y contaminantes domésticos e industriales como en el caso de las industrias de papel, curtido y textil; esta última causa coloración por medio de los desechos de teñido los cuales imparten colores en una amplia variedad y son fácilmente reconocidos y rastreados. El color que en el agua produce la materia suspendida y disuelta, se le denomina **"Color aparente"**, una vez eliminado el material suspendido, el color remanente se le conoce como **"Color verdadero"** siendo este último el que se analiza en el laboratorio.

La muestra debe ser recolectada en envases de plástico y debe almacenarse en el refrigerador. El análisis debe de llevarse a cabo en un lapso no mayor de 24 hrs. Este método es aplicable a la totalidad de las muestras de agua potable. Hay aguas contaminadas con ciertos desechos industriales, que pueden producir colores poco usuales y por ende, no pueden ser igualadas por las soluciones de comparación utilizadas en este método. Esta determinación es muy importante en agua de abastecimiento doméstico por razones de higiene y salud. Para aguas industriales, la importancia es por razones económicas ya que existen gran cantidad de industrias en cuyos procesos requieren agua perfectamente limpia y clara, por lo que, las aguas con color necesitan un tratamiento especial para su eliminación. Se recomienda que para las aguas de uso doméstico, no se excedan de 20 unidades de color en la escala **platino cobalto**.

Para la determinación de color en el agua existen dos métodos. Uno, es el **método de comparación visual** de la muestra, con soluciones coloridas de concentraciones conocidas o discos de cristal de color calibrados previamente con las soluciones anteriores. La unidad para medición del color que se usa como estándar, es el color que produce 1 mg/l de Platino en la forma de cloroplatinato. La relación de cobalto a platino, se puede variar para igualar el matiz. La proporción Pt-Co que se utiliza en este método es normalmente la adecuada para la mayoría de las muestras. El color puede cambiar con el pH de la muestra, por lo que es necesario, que al medir el color, se reporte también el pH de la muestra. En caso necesario la muestra se centrifuga para eliminar la turbidez. La comparación se realiza con las soluciones que tengan colores de 5, 10, y hasta 70 unidades contenidas en tubos Nessler.

Existe también el **método espectrofotométrico**, el cual se usa principalmente en aguas industriales contaminadas que tienen colores poco usuales, y que no pueden ser igualados por este método (Standard Methods for the Examination of Water and waste water publicado por la APHA) - Método 206/9-85. Método espectrofotométrico para determinar color en el agua 1985)

La causa principal de interferencias en el color del agua es la turbiedad, la cual produce un color aparente más alto que el color verdadero. Para eliminar la turbidez, se recomienda la centrifugación, la filtración no se debe usar, ya que puede eliminar algo del color verdadero además de la turbidez. Este método no requiere de aparatos especiales.

Materiales

- 1 gradilla para tubos Nessler
- 14 tubos Nessler forma alta, de 50 ml
- 1 matraz volumétrico de 1 litro

Reactivos

- Solución patrón de 500 unidades de color: Se disuelven 1.246 g de cloroplatinato de potasio K2PtCl6 (equivalente a 500 mg de platino metálico) y 1 gr de cloruro cobaltoso hexahidratado CoCl2.6 H20 (equivalente a aproximadamente 250 mg de cobalto metálico) en 100 ml de HCl concentrado, aforar a 1000 ml con agua destilada, esta solución tiene un color estándar de 500 unidades Pt-Co.

En tubos Nessler prepare soluciones patrón de color de 5 a 70 unidades de color con ayuda de la siguiente tabla. Proteja las soluciones contra la evaporación y de los vapores de amoníaco, pues su absorción aumenta el color.

ml de solución de 500 unidades diluida a 50 ml con agua destilada	Color en unidades de platino-cobalto
0.5	5
1.0	10
1.5	15
2.0	20
2.5	25
3.0	30
3.5	35
4.0	40
4.5	45
5.0	50
5.5	55
6.0	60
6.5	65
7.0	70

Procedimiento

Se centrifuga el agua si es necesario y posteriormente se observa el color de la muestra, llenando un tubo nessler hasta la marca de 50.0 ml y se procede a comparar con la serie de estándares contenidos en tubos nessler del mismo tamaño. Se deberán ver los tubos, verticalmente hacia abajo. Se ilumina la parte inferior de los tubos, reflejando la luz por medio de una superficie blanca o especular. Si el color de la muestra excede de 70 unidades, diluya la muestra con agua destilada en proporciones conocidas, hasta que su valor se encuentre en el ámbito de las soluciones patrón. Al final multiplicar por el factor de dilución correspondiente.

Cálculos

Calcule las unidades de color utilizando la siguiente fórmula, anotando además el valor del pH del agua, en donde:

$$\text{Unidades de color} = \frac{A \times 50}{V}$$

- **A = unidades de color de la muestra diluida.**
- **V = ml de muestra tomados para la dilución.**

Anote los resultados de color en números enteros de acuerdo a la siguiente tabla:

Unidades de color	Redondear al valor más cercano a
1 a 50	1
51 a 100	5
101 a 250	10
251 a 500	50

PH

Antes de aprender cómo se mide el pH del agua debemos definir de qué hablamos cuando hablamos de pH. Esta es una unidad de medida usada para indicar la **concentración de iones hidrógeno libres (H+)** en una solución, lo cual indicará la acidez o alcalinidad de la misma. Para encontrar la medida exacta se utiliza una escala numérica de 0 a 14. Normalmente el agua corriente debe tener un pH de 7,0, aunque esta medida puede variar dependiendo del contenido en minerales que existan en la zona donde uno se encuentre. Muchas personas se preguntan cuál es la importancia de controlar el pH del agua. Pues bien, en los cultivos, por ejemplo, esto es crucial pues afecta de manera directa al proceso de absorción de plantas y a la solubilidad de los nutrientes. Y es que las plantas absorberán diferentes nutrientes y oligoelementos de forma correcta solamente entre ciertos valores de pH.

Un **PHmetro o medidor de PH** es un instrumento utilizado para medir la acidez o la alcalinidad de una solución. La información que suministra este equipo expresa el grado de acidez de un ácido o de una base en términos de la actividad de los iones de hidrógeno. El PH es la unidad de medida que describe el grado de acidez o alcalinidad y es medido en una escala que va de 0 a 14. Una indicación aproximada del PH puede ser obtenida usando indicadores o cintas de PH, que cambian de color en función de la variación del nivel de PH, pero estos indicadores presentan limitaciones en términos de exactitud y pueden ser difíciles de interpretar correctamente en muestras oscuras o coloridas, y este error puede ser corregido ampliamente a través del uso de PHmetro. Un PHmetro está formado por tres partes: un electrodo de medición de PH, un electrodo de referencia y un medidor de alta impedancia de entrada. El electrodo de referencia tiene un potencial conocido, constante y estable.

El electrodo de PH puede ser considerado como si fuera una batería, con una tensión que varía conforme el PH de la solución medida. El electrodo que mide el PH es un bulbo de vidrio sensible a iones de hidrógeno, con una salida en milivoltios que varía conforme las alteraciones en la concentración relativa de los iones de hidrógeno dentro y fuera del bulbo. La salida del electrodo de referencia no cambia con la actividad de los iones de hidrógeno.
El electrodo de PH posee una resistencia interna muy alta, lo que dificulta la medición de la variación de la tensión con el PH. Por lo tanto, la impedancia de la entrada del medidor de PH y las resistencias de dispersión son factores importantes.

Un PHmetro funciona a través de un mecanismo de celda electroquímica, donde los H+ en la reacción química permiten determinar la concentración de ellos en solución. Al determinar el PH con un PHmetro se utiliza un electrodo de referencia y otro de medición, el cual es sensible a los analitos. Es decir, un PHmetro es un amplificador de alta impedancia que mide con exactitud las tensiones mínimas del electrodo y exhibe los resultados directamente en unidades de PH en una pantalla analógica o digital. En algunos casos, las tensiones también pueden ser interpretadas para aplicaciones especiales o uso con electrodos de iones selectivos o de potencial de oxidación/reducción.

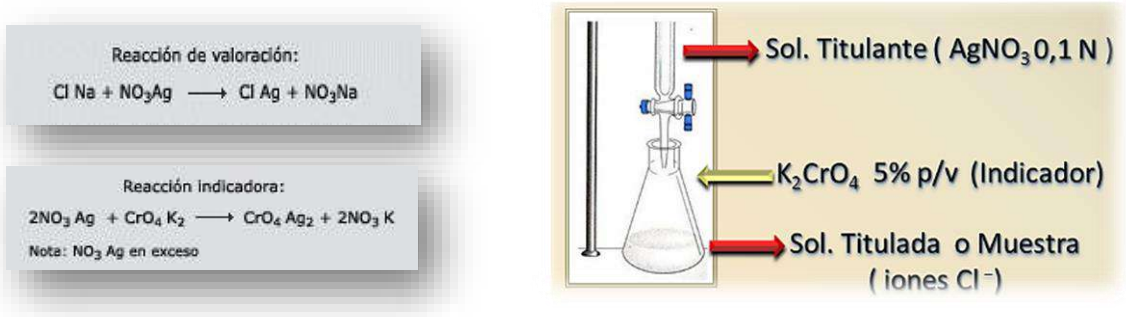
Como hemos visto, el pH generalmente se mide en laboratorios mediante un medidor de pH digital. El electrodo del medidor de pH se calibra primero con soluciones de valores de pH conocidos, y luego el electrodo se sumerge en la solución de prueba para leer su valor de pH. Los papeles de pH son una alternativa más económica utilizada frecuentemente para la medición del pH en análisis cualitativos de cationes que dan resultados rápidos.

Si el propósito es monitorear cuando la solución pasa de ácida a alcalina o viceversa, se utiliza un papel tornasol. Un papel tornasol rojo permanece rojo en una solución ácida y se vuelve azul en una solución básica. Un papel tornasol azul se vuelve rojo en ácido y permanece azul en una solución básica. Si el propósito es determinar un valor de pH aproximado, se utiliza un papel indicador de pH universal. La solución de prueba se aplica al extremo de una tira de papel de pH con una varilla de vidrio y el pH se lee haciendo coincidir el color del papel de prueba empapado en la solución de prueba con la tabla de colores en la caja de papel de pH. Un error común es sumergiendo un papel de pH en la solución de prueba y retirarlo inmediatamente para leer el cambio de color.

Se debe evitar ya que puede dejar contaminantes en la solución. Además, la solución de ensayo está en la parte inferior del tubo de ensayo requiriendo una tira larga de papel y dificultando evitar tocar los lados del tubo de ensayo por encima del líquido. Un mejor enfoque es cortar un trozo de papel de pH de aproximadamente 2 cm de largo y tocar un extremo con una varilla de vidrio húmedo que se utilizó para agitar la solución de prueba y luego leer el cambio de color en el papel de pH al emparejarlo con el color de la tabla.

CLORUROS

Las aguas naturales tienen contenidos muy variables en cloruros dependiendo de las características de los terrenos que atraviesen pero, en cualquier caso, esta cantidad siempre es menor que las que se encuentran en las aguas residuales, ya que el ClNa es común en la dieta y pasa inalterado a través del aparato digestivo. El aumento en cloruros de un agua puede tener orígenes diversos. Si se trata de una zona costera puede deberse a infiltraciones de agua del mar. En el caso de una zona árida el aumento de cloruros en un agua se debe al lavado de los suelos producido por fuertes lluvias. En último caso, el aumento de cloruros puede deberse a la contaminación del agua por aguas residuales. Los contenidos en cloruros de las aguas naturales no suelen sobrepasar los 50-60 mg/l. El contenido en cloruros no suele plantear problemas de potabilidad a las aguas de consumo. Un contenido elevado de cloruros puede dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal. La determinación de cloruros puede hacerse mediante tres métodos: el método argentométrico o volumétrico, el método del nitrato de mercurio y, el método potenciométrico.

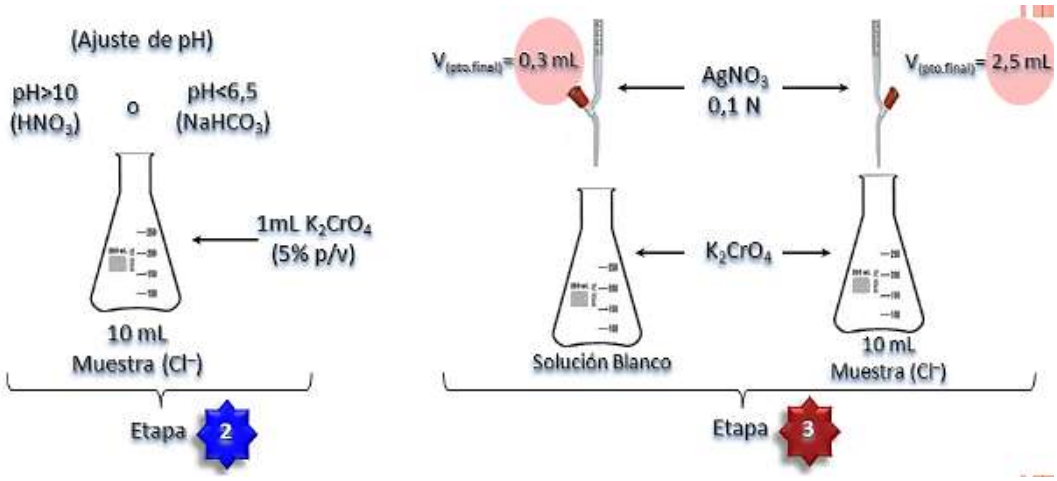


El **método argentométrico o** volumétrico, es recomendable para aguas con concentraciones entre 1,5 y 100 mg/l de cloruros. Este método es aplicable para la determinación de cloruros en **aguas potables o superficiales**, siempre que no tengan excesivo color o turbidez. Se basa en el **Método de Mohr**. El método de Mohr se emplea principalmente para la determinación de anión cloruro usando ión plata como valorante. La reacción de valoración da lugar a un precipitado de color blanco. El punto final viene determinado por la formación de un precipitado rojo (Ag2CrO4) que aparece cuando la precipitación de AgCl es completa. La solubilidad del cromato de plata es mayor que la del cloruro de plata, de acuerdo con sus respectivos productos de solubilidad y estequiometrías de los compuestos. La concentración de catión plata cuando todo el analito (Cl-) ha precipitado, es consecuencia de la solubilidad del producto de la reacción de valoración (AgCl): 1,35 x 10-5 M. Por tanto, la concentración de anión cromato necesaria para la formación de cromato de plata en esas condiciones sería:

$$Cl^- + Ag^+ \rightarrow AgCl(s)$$

Así pues, debe agregarse anión cromato en esta concentración para que aparezca el precipitado rojo justo después del punto de equivalencia. Sin embargo, esa concentración tan alta proporciona al medio de valoración un color amarillo tan intenso, que dificulta la detección del color rojo del precipitado. Por ello, normalmente se usan concentraciones inferiores de cromato, requiriéndose por tanto un exceso de reactivo para detectar el color rojo. Este exceso se corrige con la valoración de un blanco.

La valoración del método de Mohr debe llevarse a cabo a valores de pH comprendidos entre 7 y 10, ya que a pH>10, el ión Ag+ precipita como AgOH antes que como Ag2CrO4 no detectándose el color rojo de indicación del punto final. Por otro lado, si pH<7, el Ag2CrO4 se solubiliza al protonarse los iones cromato. Normalmente, se logra un pH adecuado al saturar la disolución del analito con carbonato ácido de sodio. Sobre una muestra ligeramente alcalina, con pH entre 7 y 10, se añade disolución de AgNO3 valorante, y disolución indicadora K2CrO4. Los Cl- precipitan con el ión Ag+ formando un compuesto muy insoluble de color blanco. Cuando todo el producto ha precipitado, se forma el cromato de plata, de color rojo ladrillo, que es menos insoluble que el anterior y nos señala el fin de la valoración.



DUREZA TOTAL

La dureza del agua es uno de los parámetros químicos más importantes a la hora de calificar la calidad de un agua. Sin embargo, que no aparezca limitada la dureza en el agua potable de la red no significa que no tenga consecuencias en multitud de procesos cotidianos, como su uso para el lavado personal, por ejemplo, en la caracterización de la calidad de un agua de riego sí que se tiene muy en cuenta el valor de este parámetro porque dependiendo del tipo de suelo puede ser positivo o negativo. La dureza del agua se puede definir como la concentración total de iones calcio y de iones magnesio (Ca2+ y Mg2+), los dos cationes divalentes más habituales en un agua natural; en realidad, podríamos definir la dureza como la suma de todos los cationes polivalentes, pero son con mucha diferencia calcio y magnesio los que tienen importancia en la dureza global de un agua. Así, podríamos escribir, simplemente:

Dureza (M) = [Ca2+] + [Mg2+]

Sin embargo, es muy frecuente que esta dureza se determine o se indique como masa de carbonato cálcico en miligramos por cada litro de disolución, es decir, mg CaCO3/L. ¿Significa esto que todo el calcio presente en un agua dura proviene de carbonato cálcico? No, solo que, por convenio, suele tratarse como si así fuera; es más, se considera como si todo el calcio estuviese en forma de carbonato cálcico y el magnesio también fuese carbonato cálcico. Así, existe otra fórmula que permite indicar la dureza en mg/L de CaCO3 conociendo las concentraciones en mg/L de Ca2+ y de Mg2+, que es la siguiente:

Dureza (mg/L) CaCO3 = 2,50 [Ca2+] + 4,16 [Mg2+]

Los coeficientes indicados se deben a la relación existente entre la masa del calcio y del magnesio con la masa del carbonato cálcico (100/40 para el calcio, 100/24 para el magnesio). Dividiendo por 10 esta misma relación, tenemos otra unidad frecuentemente utilizada, los llamados GHF o ºfH (Grados Hidrotimétricos Franceses); también existen otras unidades, como los grados ingleses, los americanos o los alemanes, pero mucho menos extendidos que los franceses. Estos últimos dan lugar a la escala de clasificación de un agua muy dulce a un agua muy dura:

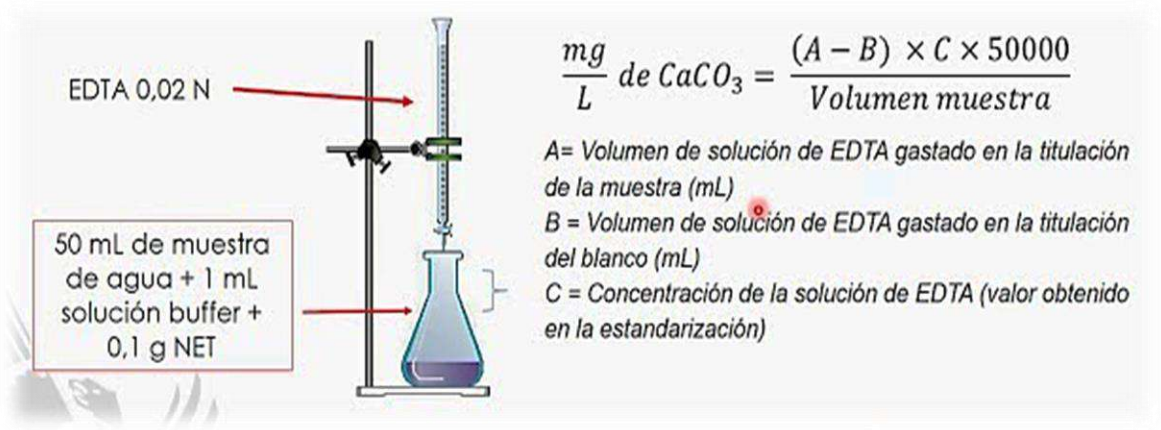
TIPO DE AGUA	GHT
Muy dulce	Menos de 7
Dulce	7-14
Medianamente dulce	14-22
Medianamente dura	22-32
Dura	32-54
Muy dura	Más de 54

Este carbonato cálcico lo conocemos muy a menudo como **cal** en el lenguaje coloquial, pero no es solo un problema de limpieza, sino que si se produce el depósito sólido en entornos industriales, puede llevar a la ocurrencia de costosas averías en calderas, torres de enfriamiento y otros equipos. Estas costras calcáreas se pueden eliminar provocando la reacción química inversa a la anterior, es decir, que forme nuevamente calcio soluble y bicarbonato. Esto se puede lograr, por ejemplo, añadiendo un exceso de dióxido de carbono o un ácido débil, como ácido acético (vinagre) o ácido cítrico (zumo de limón). Muchos preparados de limpieza para eliminar la cal se basan, de hecho, en un pH ligeramente ácido.

En el ámbito doméstico, el agua dura causa también efectos indeseables como la acumulación en calderas, cafeteras, conductos de agua y calentadores, y hace que sea necesario utilizar una mayor cantidad de jabón y de detergente, aunque el motivo sea distinto. En el caso de los jabones, que son carboxilatos de metales alcalinos procedentes de ácidos grasos, con largas cadenas carbonadas, el calcio reacciona directamente con el jabón formando grumos insolubles, lo que hace que se destruyan las propiedades surfactantes del jabón y su capacidad para formar espumas y puede causar, por ejemplo, que necesitemos mayor cantidad de champú o de gel para conseguir la misma espuma si vivimos en una región de agua dura.

En el caso de los detergentes, a diferencia de los jabones, no hay una reacción directa del calcio ni del magnesio con los mismos, pero sí una interferencia que hace deseables las aguas blandas para, por ejemplo, lavar la ropa. Cuanto más dura es un agua mayor es la cantidad de detergente que gastaremos en cada lavado.

Para determinar la dureza de un agua en el laboratorio, un método utilizado muy frecuentemente es la **Titulación complejométrica con EDTA**. Es un reactivo que tiene aplicación en la determinación de un gran número de cationes metálicos a excepción de los metales alcalinos; esto podría hacer pensar que es poco selectivo, pero el control de las condiciones del medio y el uso de indicadores adecuados puede solventar este problema. Por ejemplo, los cationes trivalentes se pueden determinar sin que los cationes divalentes interfieran si se realiza la valoración con un pH cercano a 1.

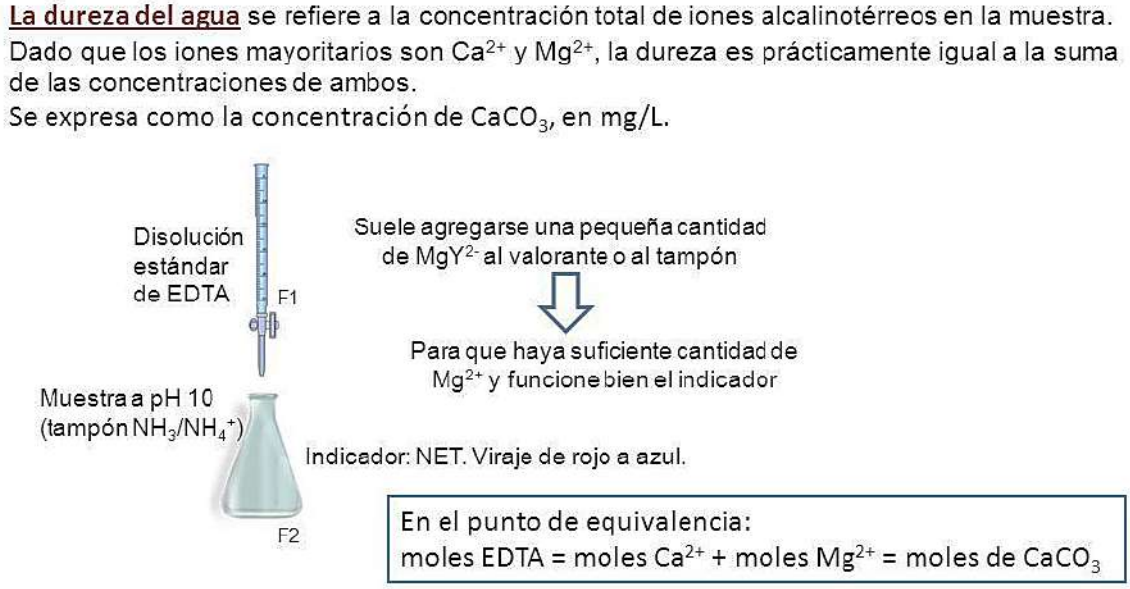


Si el control del pH o la elección correcta del indicador no es suficiente, a veces puede eliminarse la interferencia de un determinado catión añadiendo un agente enmascarante adecuado. Estos reactivos funcionan como ligandos auxiliares al unirse preferentemente con el ion contaminante. Por ejemplo, el ion cianuro puede utilizarse como enmascarante para llevar a cabo la titulación de calcio y magnesio en presencia de otros metales como cadmio, cobalto, cobre, níquel, zinc o paladio.

La dureza del agua se determina de rutina titulando la muestra con EDTA después de ajustar el pH a 10. El magnesio, que forma el complejo de EDTA menos estable de todos los cationes multivalentes que existen en las muestras normales de agua, no se compleja con EDTA hasta que éste se ha añadido en cantidad suficiente para complejar los demás cationes de la muestra. Para determinar la dureza total de un agua, se toman alícuotas (50 o 100 mL) y se acidifican con unas gotas de ácido clorhídrico. Después se tiene que hervir, lo cual hace que se elimine el dióxido de carbono de la muestra.

Tras enfriar, se añaden unas gotitas del indicador rojo de metilo (un indicador ácido base) y se neutraliza con hidróxido sódico, NaOH, 0,1M, hasta cambio de color del indicador. Para la determinación tenemos que mantener la muestra a pH 10, por lo que añadimos una solución amortiguadora amoniacal que permita esto. Una vez amortiguada la disolución, se añade el indicador negro de eriocromo T y se titula con una solución patrón de Na2H2 o con EDTA (H4Y) de concentración 0,01M hasta que se produzca un cambio de color en la disolución, de rojo a azul. Esta determinación nos da la concentración total de calcio y de magnesio y es indistinguible. Si queremos titular con EDTA la muestra solo para la concentración de calcio, se puede llevar a cabo una valoración a pH 13, al cual el magnesio precipita como Mg(OH)2.

Otras formas más sofisticadas de determinar la dureza en el laboratorio consisten, por ejemplo, en el uso de electrodos de membranas líquida específicos para la dureza del agua (determinan simultáneamente calcio y magnesio, aunque existen otros específicos para calcio) o también el uso de HPLC (cromatografía líquida de alta eficacia) con una columna intercambiadora de cationes. Este último método proporciona por separado la concentración de Ca2+ y de Mg2+, pero como hemos visto, con estos dos valores podremos calcular la dureza total.



FLUORUROS

El fluoruro es un compuesto binario que contiene el ion flúor (F-), los cuales pueden formar compuestos orgánicos e inorgánicos. El fluoruro ayuda a prevenir la caries dental, puede estar presente en el agua de forma natural o agregarla a ella. Además de estar presente en el agua, también podemos encontrar el fluoruro en el suelo, en plantas y animales. La fluoración del agua consiste en agregar de manera controlada un compuesto fluorado (fluoruro de sodio, ácido fluorosilícico o fluorosilicato de sodio) al agua de abastecimiento público.

La principal razón de agregar este compuesto al agua es para prevenir la caries dental, sin embargo, algunos países han prohibido está práctica debido a que existe polémica de que grandes cantidades de fluoruro pueda causar efectos no deseados a la salud. Existen evidencias de que puede causar enfermedades como fluorosis esquelética. Esta enfermedad es muy común en países donde las personas consumen cantidades mayores de la cantidad de fluoruro recomendada y donde no existe una adecuada nutrición. Además, se han realizado diversos estudios para determinar los efectos del fluoruro en los huesos, el cáncer y los resultados reproductivos. En la mayoría de los estudios realizados no se ha encontrado una relación directa entre el fluoruro y el cáncer en las personas. De acuerdo con el esquema de clasificación de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, 1987), no se considera a los fluoruros inorgánicos usados en agua potable como carcinógenos para los seres humanos (grupo 3). **La Organización Mundial de la Salud recomienda el valor en el agua potable de 1.5 mg/l.**

Hoy en día, los fluoruros se miden de manera directa con fluorómetros de electrodo, cuyos ejemplos se muestran en imagen. Poseen un electrodo de ion selectivo y un electrodo de media celda, que realizan las mediciones de fluoruros en muestras provenientes de plantas de tratamiento de agua potable. Son medidores que cuentan con múltiples funciones y es completamente personalizable a los requerimientos específicos del usuario.

NITRATOS Y NITRITOS

El **método de cromatografía iónica** es una técnica muy adecuada para la determinación simultánea de los cationes (por un lado) o de los aniones (por otro) en una muestra de agua. Uno de los aniones más habituales que podemos hallar en las aguas, especialmente controlado en las aguas de consumo humano, es el anión nitrato. Este último, en efecto, se puede determinar en el conjunto de aniones determinados por cromatografía. Ahora bien, dada su importancia, y su posible procedencia como fuente de contaminación en aguas de suministro, por ejemplo en aguas subterráneas, es frecuente que se analice con una periodicidad mayor que el resto de aniones, en cuyo caso no se determina por cromatografía.

Los motivos de su determinación son esencialmente dos: por una parte, es relativamente frecuente su presencia en las aguas que se potabilizan para producir aguas de consumo humano, especialmente por contaminación agrícola (fertilizantes que contienen nitratos) y, por otra parte, por sus posibles efectos sobre la salud humano. El nitrato en sí es relativamente poco tóxico. Su toxicidad viene determinada esencialmente por su conversión a nitrito. El nitrato puede transformarse en nitrito por reducción bacteriana tanto en los alimentos y bebidas (durante el procesado y el almacenamiento), como en el propio organismo (en la saliva y el tracto gastrointestinal).

Los nitritos en sangre oxidan el hierro de la hemoglobina produciendo metahemoglobinemia, incapaz de transportar el oxígeno, muy frecuente en bebés expuestos a altas concentraciones de nitratos en los alimentos. Por otro lado, los nitratos reaccionan con los aminoácidos de los alimentos en el estómago, produciendo nitrosaminas y nitrosamidas, sustancias que han demostrado tener efectos cancerígenos. El valor límite que establece la legislación es de 50 mg/l.

Si queremos determinar únicamente el nitrato en agua, una técnica muy utilizada, por su sencillez y también por ser muy robusta, es la espectrofotometría ultravioleta. ¿En qué consiste esta técnica? En determinar el valor de absorbancia de nuestra muestra de agua a 220 y a 275 nanómetros. El nitrato absorbe a 220 nanómetros, mientras que el valor a 275 es para eliminar la posible interferencia debida a la presencia de materia orgánica. Debido a esta interferencia, el método es aplicable a aguas potables y continentales con bajo contenido en materia orgánica. También viene limitado por la presencia de turbiedad en la muestra, en cuyo caso se podría proceder a filtrar la misma a través de un filtro de fibra de vidrio de 0,45 micras de tamaño de poro. La relación entre la absorbancia y la concentración de nitrato en la muestra se realiza siguiendo la ecuación de Lambert-Beer:

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot C$$

Donde:

A: absorbancia de la disolución a una longitud de onda dada (adimensional)

ε: coeficiente de extinción molar ($M^{-1} \cdot cm^{-1}$)

b: longitud de paso de la cubeta (cm)

C: concentración de la disolución (M)

Debido a que la materia orgánica de la muestra también puede absorber a 220 nm, se debe introducir en la determinación un factor de corrección que elimine la influencia de la materia orgánica, para evitar dar datos por exceso. Este factor de corrección se cuantifica, como hemos indicado, midiendo la absorbancia de la muestra en dos longitudes de onda: 220 nm y 275 nm. La absorbancia de la muestra a 275 nm es debida únicamente a la materia orgánica que contiene. El procedimiento es tan sencillo como poner un volumen determinado de nuestra muestra de agua en un tubo de ensayo (normalmente 5 mililitros), adicionar 0,1 mL de HCl 1M para eliminar posibles interferencias del ion carbonato y proceder a su lectura con el espectrofotómetro, interpolando después el valor de absorbancia obtenido en nuestra recta de calibrado. Otros métodos pueden ser el colorimétrico, el directo a través de un electrodo indicador o a través de un papel de filtro testigo.

CLORO ACTIVO RESIDUAL

El cloro es el desinfectante de mayor uso debido a su bajo coste, a su fácil comercialización, y a que tiene sobre el agua efecto residual. La presencia de cloro residual en el agua provoca, con frecuencia, un fuerte rechazo de la misma por parte del consumidor. El umbral de detección de sabor es de 0,5 ppm. El cloro presente en el agua no representa ningún peligro para el consumidor. El cloro no sólo es un importante desinfectante, sino que también reacciona con el amoniaco, hierro, manganeso y sustancias productoras de olores y sabores; por lo que, en general, mejora notablemente la calidad del agua.

En el proceso de cloración se obtiene dos tipos de cloro residual, el cloro libre residual, cloro molecular, ácido hipoclorito e ión hipoclorito, y el cloro combinado residual, monocloramina, dicloramina y tricloramina. El cloro residual combinado se forma cuando el agua tiene amoníaco y productos orgánicos. Esta forma de cloro es un agente oxidante más débil y su acción bactericida es más lenta. La determinación del contenido de cloro residual, tanto libre como combinado, es de interés y debe hacerse diariamente en las aguas de distribución para consumo humano.

La determinación de cloro activo libre y combinado puede hacerse mediante:

- **Clorómetros:** Test rápido colorimétrico cuantitativo. Con patrones estables entre 0 y 1 ppm de cloro residual. Método de la ortotolidina.
- **Test rápido de cloro mediante juegos de reactivos con escala de colores**: Contenidos de cloro entre 0,1 y 1,5 ppm.
- **Método iodométrico** para la determinación del contenido de cloro activo en concentraciones elevadas, superiores a 1 mg/l.
- **Determinación volumétrica** mediante el reactivo N, N-dietil-p-fenilendiamonio, DPD. Adecuado para concentraciones de «cloro activo libre» entre 0,1 y 4 mg/l o ppm.
- **Método colorimétrico** de la ortotolidina para concentraciones entre 0,01 y 1 ppm de cloro libre residual.
- **Método amperométrico**.

La determinación volumétrica es un método aplicable a la determinación de cloro residual en aguas de consumo con concentración comprendida entre 0,1 y 4 mg/l. En presencia de cloro, la DPD produce, entre 6,2 y 6,5 una coloración roja susceptible de valoración volumétrica. Producen interferencias los iones de cobre en concentraciones superiores a 5 mg/l y los iones de hierro en concentraciones superiores a 100 mg/l. También interfiere el manganeso. El método de ortotolidina es aplicable a aguas de consumo público para las que se utiliza como desinfectante el cloro que queda en el agua en forma de cloro residual libre o combinado. El contenido de cloro debe estar entre 0 y 1 ppm.

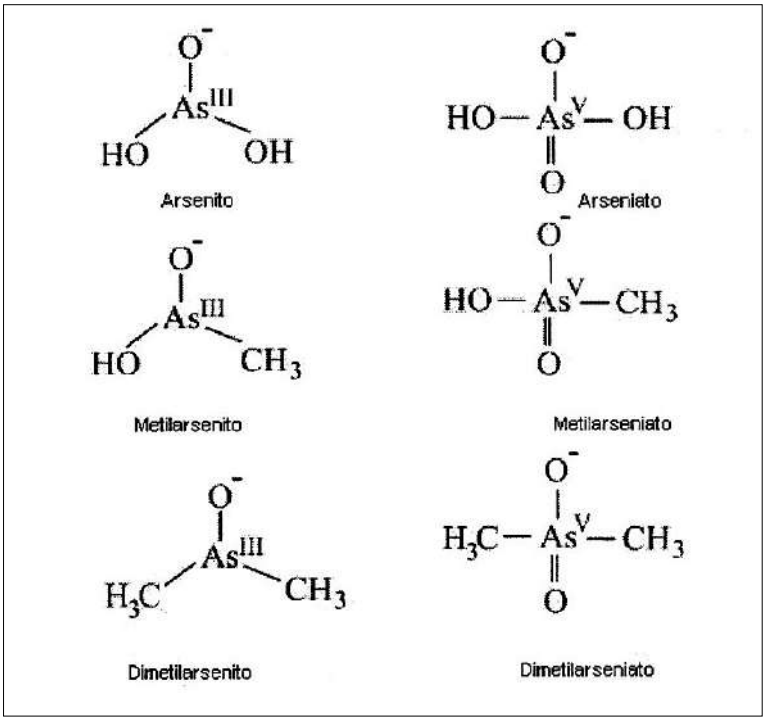
Al añadir ortotolidina a un agua que contenga cloro residual, libre o combinado, se produce una coloración amarilla, susceptible de medir espectrofotométricamente. El contenido de cloro en mg/l se obtiene directamente a partir de la curva patrón previamente trazada. Interfieren en la determinación de cloro por el método de la ortotolidina, concentraciones elevadas de hierro, manganeso y nitritos.

ARSÉNICO

Los organismos vivos están expuestos a especies tóxicas de arsénico provenientes de alimentos y aguas. La exposición a arsénico puede causar una variedad de problemas en la salud de las personas como por ejemplo: problemas respiratorios, cardiovasculares, gastrointestinales y efectos carcinogénicos, entre otros. Esto es de relevancia absoluta, a punto tal que la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha fijado como límite máximo para aguas de consumo humano una concentración de 10 pg/l. El arsénico puede encontrarse en ambientes naturales bajo diferentes estados de oxidación y, la movilidad y toxicidad dependen en gran medida de la forma en que se encuentra. Por ejemplo, en aguas subterráneas está predominantemente como As (III) y As (V), y solo hay cantidades menores de metil y dimetil arsénico.

Lógicamente, también puede entrar en la cadena alimentaria humana a través de plantas y animales causando serios problemas en la salud. Sin embargo, peces, frutas y vegetales, contienen en principio mayormente arsénico orgánico (menos tóxico) y solo un 10 % de arsénico inorgánico (de mayor toxicidad), aunque otros alimentos como la leche, cereales y carne de cerdo presentan una situación invertida en cuanto a concentración de arsénico orgánico e inorgánico. Por lo anteriormente expuesto se entiende la importancia no sólo de la determinación del contenido total de arsénico, sino de la detección y determinación de las distintas formas bajo las cuales puede estar presente dicho elemento. En este sentido, se han utilizado diferentes técnicas analíticas dependiendo ya sea de la concentración de arsénico en las muestras de interés, o de los requerimientos en cuanto a especiar se refiere. Entre las técnicas más utilizadas para la determinación propia- mente dicha se encuentran las espectrometrías atómicas, que en el caso de necesidad de determinar las diferentes especies se suelen acoplar a diferentes métodos cromatográficos como por ejemplo HPLC. También es conveniente mencionar la utilización de técnicas electroquímicas y activación neutrónica para la determinación de este analito. En este trabajo se discuten las distintas técnicas analíticas utilizadas para la determinación y/o especiación de arsénico, teniendo en cuenta las muestras de interés y la capacidad de detección de las técnicas en cuestión. El arsénico, juntamente con el Pb, Hg, Cd, Cr y Sb son los elementos metálicos que tanto por sus efectos tóxicos como por la presencia de distintas especies en alguno de ellos, lo hace un grupo muy peculiar. Particularmente, es conocido el efecto tóxico del As y en especial su acción carcinógena y efectos importantes sobre la piel.

La principal ingesta de As proviene de los alimentos y el agua. El As se encuentra en los ambientes naturales en cuatro estados de oxidación As (V), As (III), As (0) y As (-III). Asimismo, las especies formadas según el estado de oxidación son varias y pueden ser de origen inorgánico u orgánico.



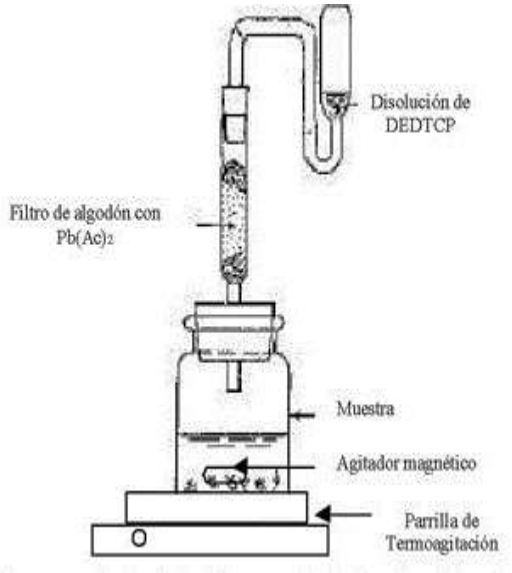
La movilidad y toxicidad del As depende de su forma y estado de oxidación, razón por la cual no sólo es necesario la determinación total del mismo sino también su especiación, de modo tal que pueda conocerse la concentración de cada una de las especies presentes. En aguas subterráneas, el As se encuentra predominantemente como As (III) y As (V), con cantidades menores de metil y dimetil arsénico

Los métodos de determinación de As han tenido cambios importantes desde el desarrollo del **Método clásico de Gutzeit** y los posteriores, fotométricos con azul de molibdeno y espectrofotométrico con dietilditiocarbamato de plata hasta los instrumentales modernos. En el presente trabajo se muestra un resumen de las distintas técnicas empleadas poniendo especial énfasis en la determinación de arsénico por espectroscopías atómicas y empleando metodologías de preconcentración/especiación. El arsénico se encuentra en el ambiente en forma natural, asimismo, se lo encuentra también en forma apreciable como producto de la actividad industrial y antropogénica. El arsénico se encuentra en aguas naturales en muy bajas concentraciones, pero también muy variable. Los valores, en µg/l encontrados en algunos tipos de aguas y en diferentes partes del mundo, se resumen en la Tabla más abajo. En el pasado, la concentración máxima permitida en aguas de consumo humano por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) era de 50 µg/l, mientras que a partir del 2001 organismos internacionales como la misma EPA y la Organización Mundial de la Salud (WHO) adoptaron un nuevo estándar referente a la máxima concentración permitida para As de 10 µg/l.

Lugar	Tipo de agua	Concentración (µg/l)*
En el mundo	Subterránea	Normalmente < 10 (existen valores puntuales naturales > 50.000) **
Calcuta, India	c/influencia de Planta de pesticidas	50-23.800
Bangladesh	Agua de pozo	<10 - > 1000
China	Agua de pozo	0,03-1,41
En la tierra	Agua de mar	1-8
Cordoba (Argentina)	Agua subterránea	100-3800

* Mandal y Suzuki, 2002; **Fernández Turiel et al., 2005.

En realidad estos máximos, al igual que el de algunos otros elementos tóxicos como el Pb, Hg y Cr, han estado un poco de acuerdo con el avance de las técnicas y metodologías para determinar dichos elementos, particularmente en lo que se refiere a los límites de detección y de cuantificación. En la actualidad, los valores permitidos están más de acuerdo con la realidad de las técnicas analíticas modernas. La forma química principal en la que aparece el As es bajo la forma de arseniato, siendo la relación con el Arsenito, muy variable, aunque casi siempre es mayor que 1. Las formas orgánicas se encuentran en general en pequeñas concentraciones, y de ellas las formas metiladas, a semejanza de lo que ocurre con el Hg, son las principales. Las concentraciones de As en aguas dulces son muy variables, de 1 a 10 µg/l y de 100 a más de 50.000 µg/l en áreas con importantes influencias de mineralización y actividad minera.



Método de Gutzeit: El método de Gutzeit fue desarrollado hace más de 100 años y se puede decir que es el método clásico para la determinación de arsénico. En este método y algunas variantes se transforma el arsénico presente en el agua en arsina (AsH_3) con la ayuda de un agente reductor. Como la producción del gas arsina es bastante selectiva, se pro- duce de esta manera una separación importante del arsénico de gran parte de la matriz. El gas es expuesto posteriormente a un papel embebido con bromuro de mercurio lo que produce un compuesto intensamente coloreado (negro). La concentración se calcula con el empleo de una calibración empleando estándares de concentración conocida. Las interferencias son producidas por elementos que también forman hidruros, como por ejemplo azufre, selenio y teluro. Es un método muy sencillo y puede realizarse en el lugar de extracción de la muestra. Las especies organoarsenicales metiladas pueden transformarse por acción del borohidruro de sodio en CH_3AsH_2 y $(CH_3)_2$ AsH, de las que no se sabe con exactitud si reaccionan posteriormente con el bromuro de mercúrico.

Método del dietilditiocarbamato de plata: El arsénico inorgánico se reduce a arsina, utilizando zinc en solución ácida como reductor. La arsina es absorbida por una solución de dietilditiocarbamato de plata en piridina. La sal de plata reacciona con la arsina y se produce un complejo rojo con absorción máxima a 535 nm, que se puede emplear para la determinación espectrofotométrica de arsénico. Este método es aplicable a la determinación de arsénico en muestras de agua potable, superficial, subterránea y residual.

Método del azul de molibdeno: Una variante del método anterior es la absorción de la arsina formada sobre una solución de hipobromito de sodio, donde se produce la oxidación del arsénico a su estado pentavalente. Es un método espectrofotométrico basado en la formación del complejo arsenicomolíbdico de color azul, entre el arseniato y el molibdato de amonio en presencia de sulfato de hidracina (reductor). Interfieren fosfatos y silicatos que forman complejos similares con el reactivo y deben ser separados. Es el método espectrofotométrico oficial de la AOAC (Asociación Oficial de Químicos Analíticos) para la determinación de arsénico en plantas, alimentos y aguas. Es un método con mayor sensibilidad y exactitud que el método del ditiocarbamato de plata.

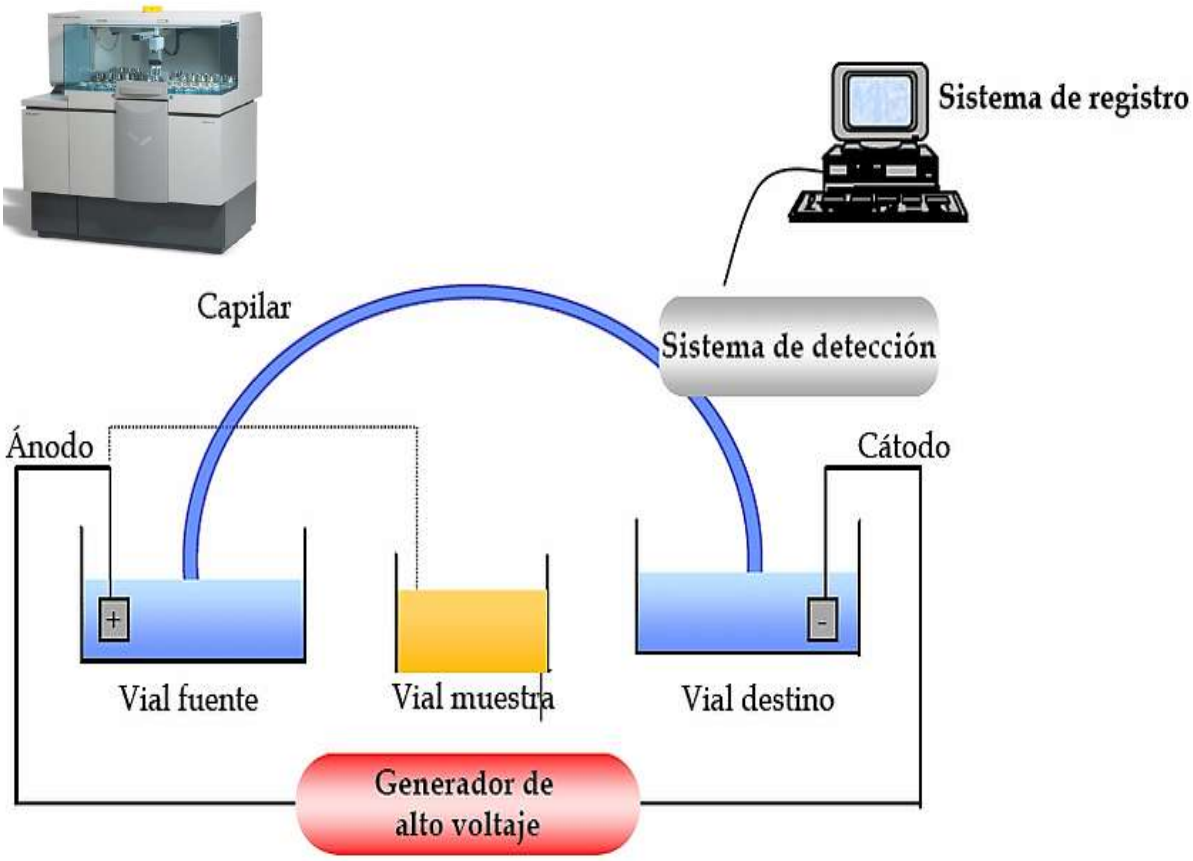
Espectrometría de Absorción Atómica con Atomización Electrotérmica (ETAAS): La Espectrometría de Absorción Atómica con Atomización Electrotérmica (o con Horno de Grafito (GFAAS)) es uno de los métodos espectrométricos que se pueden acoplar a la Generación de Hidruros. ETAAS está basada en la absorción de átomos libres producidos desde la muestra que está depositada en un pequeño tubo de grafito (celda de grafito), el cual es calentado a elevadas temperaturas para producir la atomización. Para incrementar la sensibilidad, a veces es necesario acoplar un sistema de preconcentración. Se propone un método empleando una membrana que hace las veces de filtro de retención para especies hidrofóbicas, incluidas las del arsénico, en muestras de agua. El material retenido sobre la columna es disuelto y eluido con ácido sulfúrico o un solvente orgánico adecuado y es llevado al horno de grafito. Esta técnica es una de las más aceptadas para la determinación de trazas de arsénico en sistemas acuosos.

Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma inductivamente Acoplado (ICP-OES) y Espectrometría de Masas con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP-MS): La técnica de ICP utiliza el plasma para atomizar, ionizar y excitar todas las formas del arsénico que son enviadas hacia el plasma para su detección/determinación. El acoplamiento de cromatografía líquida, generación de hidruros e ICP-OES, permite la determinación de arsenito, arseniato, y especies organoarsenicales. ICP-MS es una técnica utilizada dentro de los protocolos analíticos para la determinación de arsénico, siendo su gran ventaja los bajos límites de detección alcanzados sin necesidad de preconcentración. Un sistema que acopla HPLC e ICP-MS proporciona un método muy apropiado para especies no-volátiles de elementos dentro de los cuales se incluye el arsénico.

Método	Límite de detección
Gutzeit mejorado*	0,5 µg/l
Dietilditiocarbamato de plata	5 µg/l
Azul de molibdeno*	1 – 15 µg/l
Generación de hidruros-AAS**	0,1 µg/l
Generación de hidruros-ICP-OES**	0,1 µg/l
ETAAS**	0,5 µg/l
ICP-MS**	0,03 µg/l
Fluorescencia de rayos X (preconcentración sobre sustrato sólido)*	50 µg/l
Voltametría Anódica*	0,05 – 0,5 µg/l
Electroforésis Capilar (detección UV indirecta)*	1 µg/l

* (Melamed, 2005); ** (Hung et al., 2004)

Electroforesis Capilar (CE): La Electroforésis Capilar es una técnica que puede permitir la separación de especies iónicas desde una matriz ambiental. Si se la combina con un método de detección se transforma en una poderosa herramienta analítica que permite no sólo la determinación de un analito sino también su especiación. Esta técnica combinada con ICP-MS se transforma en una forma poderosa de obtener especiación de arsénico a niveles de vestigios en el laboratorio. La Electroforésis Capilar ha sido usada para la determinación de arsénico midiendo en forma directa o indirecta la absorbancia de las especies de arsénico, incluidos los organoarsenicales, lográndose en algunos casos límites de detección en el orden de µg/l.



La necesidad de respuestas analíticas rápidas y confiables, particularmente cuando se trata de determinar elementos tóxicos en muestras ambientales como el agua, es cada vez más frecuente. En este aspecto, las denominadas **metodologías rápidas**, que proveen una respuesta binaria con posibilidad de toma de decisión, se basan en la determinación de un analito sobre o bajo un nivel de concentración umbral preestablecido. Los **métodos colorimétricos**, se adaptaban bien a estos requerimientos. Sin embargo, el advenimiento de las técnicas instrumentales ha producido un cambio importante en la dirección de estas medidas rápidas. De extrema utilidad son las que permiten un **screening** de muestras para posteriormente aplicar métodos convencionales que son más selectivos, sensitivos, precisos y con muy baja incertidumbre. Muchos de estos instrumentos para producir respuestas binarias pueden ser portátiles y encontramos los que se basan en el empleo de la Fluorescencia de Rayos X, Sistemas Electroquímicos, Sistemas Ópticos (Espectrómetros UV-Vis), Resonancia Magnética Nuclear, Cromatografía Gaseosa, Espectrometría de Masas, entre otros.

Fluorescencia de rayos X: La Fluorescencia de rayos X es una técnica muy efectiva para la detección/determinación de arsénico en el terreno, siendo particularmente útil cuando se trata de muestras sólidas (suelos y sedimentos). La EPA posee una metodología de prueba para arsénico en arenas cuarcíferas y libre de interferencias, con un límite de detección de 40 mg/kg. Los equipos portátiles para arsénico en muestras sólidas tienen límites de detección de 60 mg/kg, mientras que en la determinación de arsénico en muestras de aguas subterráneas de la Provincia de Córdoba (Argentina) con previa preconcentración sobre sustrato sólido (cinta de celofán), se alcanzan límites de detección de 50 µg/kg. El futuro de esta técnica y con referencia a la determinación de arsénico en aguas y en el nivel de vestigios, pasa fundamentalmente por el desarrollo de metodologías de preconcentración adaptables tanto a los equipos de laboratorio como para aquellos que permiten la determinación "in situ".

Técnicas Electroquímicas: Las técnicas electroquímicas se adaptan muy bien para la determinación de arsénico en muestras líquidas, cual es el caso particular del agua en todos sus tipos. Dentro de estas técnicas cabe mencionar las Técnicas Polarográficas, Voltametrías Catódicas y Anódicas. La EPA posee una metodología aprobada que emplea Voltametría Anódica para la determinación de arsénico en agua, con un intervalo de concentración entre 0,1 y 300 µg/l. Es un equipamiento que se presta muy bien para determinaciones "in situ" por lo que es de mucha utilidad en el "screening" por muestreo.

La determinación de arsénico en muestras de aguas tiene dos facetas que consideramos de importancia. Una de ellas es la concentración total del mismo y la otra la especiación. Las técnicas empleadas utilizan diferentes sistemas pero las que se basan en la transformación del arsénico en un gas para su posterior detección mediante el uso de sistemas ópticos, parecen ser las de mayor prestación.

De particular importancia es la Espectrometría de Masas con ICP, ya que permite la determinación de pequeñas concentraciones de arsénico, y si se acopla con la cromatografía también permite la determinación de diferentes especies de este analito. Esto último, con el empleo de técnicas que permiten la obtención de respuestas binarias rápidas y altamente confiables, parece ser el futuro cercano en la Química Analítica del arsénico.

- **ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS PARA AGUA POTABLE**

A nivel mundial, el 80% de las enfermedades infecciosas y parasitarias gastrointestinales y una tercera parte de las defunciones causadas por éstas se deben al uso y consumo de agua insalubre. La falta de higiene y la carencia o el mal funcionamiento de los servicios sanitarios son algunas de las razones por las que la diarrea continúa representando un importante problema de salud en países en desarrollo. El agua y los alimentos contaminados se consideran como los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias, virus o parásitos. Los organismos transmitidos por el agua habitualmente crecen en el tracto intestinal y abandonan el cuerpo por las heces. Dado que se puede producir la contaminación fecal del agua (si ésta no se trata adecuadamente) al consumirla, el organismo patógeno puede penetrar en un nuevo hospedador. Como el agua se ingiere en grandes cantidades, puede ser infecciosa aun cuando contenga un pequeño número de organismos patógenos. Los microorganismos patógenos que prosperan en los ambientes acuáticos pueden provocar cólera, fiebre tifoidea, disenterías, poliomielitis, hepatitis y salmonelosis, entre otras enfermedades. El agua y alimentos contaminados tienen una gran importancia en la transmisión de patógenos causantes del síndrome diarreico, por lo que se hace necesario tener estrategias que permitan un manejo adecuado de ella.

La OMS calcula que la morbilidad (número de casos) y mortalidad (número de muertes) derivadas de las enfermedades más graves asociadas con el agua se reduciría entre un 20 y un 80 por ciento, si se garantizara su potabilidad y adecuada canalización. El agua hace posible un medio ambiente saludable, pero, paradójicamente, también puede ser el principal vehículo de transmisión de enfermedades. Las enfermedades transmitidas por el agua son enfermedades producidas por el "agua sucia" (agua que se ha contaminado con desechos humanos, animales o químicos). Mundialmente, la falta de servicios de evacuación sanitaria de desechos y de agua limpia para beber, cocinar y lavar es la causa de más de 12 millones de defunciones por año. Se estima que 3.000 millones de personas carecen, por ejemplo, de servicios higiénicos. Más de 1.200 millones de personas están en riesgo porque carecen de acceso a agua dulce salubre.

En lugares que carecen de instalaciones de saneamiento apropiadas, las enfermedades transmitidas por el agua pueden propagarse con gran rapidez. Esto sucede cuando excrementos portadores de organismos infecciosos son arrastrados por el agua o se lixivian hasta los manantiales de agua dulce, contaminando el agua potable y los alimentos. La magnitud de la propagación de estos organismos infecciosos en un manantial de agua dulce determinado depende de la cantidad de excremento humano y animal que éste contenga. Dado que se puede producir la contaminación fecal de los abastecimientos de agua, si el agua no se trata adecuadamente, el patógeno puede penetrar en un nuevo hospedador, al consumirla. Las enfermedades diarreicas, las principales enfermedades transmitidas por el agua, prevalecen en numerosos países en los que el tratamiento de las aguas residuales es inadecuado.

Los desechos humanos se evacuan en letrinas abiertas, canales y corrientes de agua, o se esparcen en las tierras de labranza. Las afecciones que se propagan por el agua se conocen como "enfermedades transmitidas por el agua". Sus agentes patógenos son biológicos, más que químicos, y los males que provocan casi siempre son contagiosos. Por lo general, los agentes patógenos pertenecen al grupo de los microorganismos, que se transmiten en las heces excretadas por individuos infectados o por ciertos animales. De forma que estas enfermedades se suelen contraer al ingerirlos en forma de agua o de alimentos, contaminados por esas heces (vía fecal – oral).

Los patógenos humanos transmitidos por el agua incluyen muchos tipos de microorganismos tales como: bacterias, virus, protozoos y, en ocasiones, helmintos (lombrices), todos ellos muy diferentes en tamaño, estructura y composición. A causa de las enfermedades de origen hídrico y el interés de controlarlas, los estudios bacteriológicos del agua se han orientado, en su mayor parte, hacia sus aspectos sanitarios. Uno de los criterios, utilizado para determinar la calidad sanitaria del agua, es la clase y número de bacterias que se encuentran presentes. En general, los métodos utilizados están diseñados para detectar el grado de contaminación del agua con desechos de origen humano y/o animal.

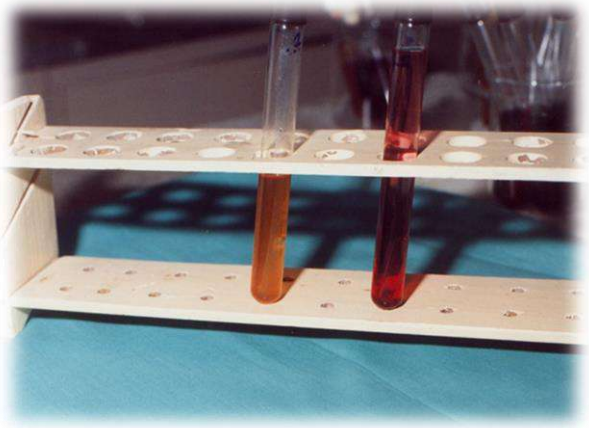
Tradicionalmente se han usado ensayos para la determinación de microorganismos indicadores más que para la determinación de patógenos. Los métodos usados para el aislamiento y el recuento de los microorganismos patógenos en agua, alimentos, etc. pueden no ser eficaces debido a que dichos microorganismos se encuentran en muy baja cantidad, sobre todo en presencia de números altos de otros microorganismos, o tienen una distribución irregular en el producto.

Aun cuando se cuenta con métodos sensibles, en general son largos y costosos; además, hay patógenos que no pueden determinarse en laboratorios no especializados, como, por ejemplo, el virus de la hepatitis A. Estas dificultades han hecho que se utilicen grupos de microorganismos de detección y cuantificación más fáciles y cuya presencia en cierto número se considera como una indicación de que la muestra estuvo expuesta a condiciones que pudieron determinar la llegada a la misma de microorganismos peligrosos y/o permitir la proliferación de especies patógenas. Estos grupos de microorganismos se denominan **“indicadores”.** Éstos son organismos habitualmente asociados al tracto intestinal, cuya presencia en el agua indica que el agua ha recibido una contaminación de origen intestinal.

El grupo de bacterias coliformes ha sido siempre el principal indicador de calidad de los distintos tipos de agua; el número de coliformes en una muestra se usa como criterio de contaminación y por lo tanto, de calidad sanitaria de la misma. Los coliformes son bacilos Gram (-), aerobios o anaerobios facultativos, que fermentan la lactosa con formación de gas cuando se incuban 48 horas a 37º C. Incluye a los géneros *Escherichia, Enterobacter*, *Klebsiella* y especies lactosa positivas de otros géneros. En la práctica, los organismos coliformes son siempre miembros del grupo de las bacterias entéricas. Estas bacterias son adecuadas como indicadores porque son habitantes comunes del tracto intestinal, tanto de las personas como de los animales de sangre caliente, donde están presentes en grandes cantidades. También interesa la determinación de coliformes fecales que representan la fracción de coliformes presentes en intestinos y materias fecales del hombre o animales de sangre caliente (coliformes termo tolerantes).

Esto proporciona información importante sobre la fuente y el tipo de contaminación presente. Un método muy utilizado para el recuento de coliformes en agua ha sido siempre el Número Más Probable (NMP), aunque se han ido variando los medios de cultivo, las condiciones y las técnicas de análisis, con el objetivo de obtener cada vez mayor sensibilidad y precisión, hasta el punto que se ha llegado a aceptar como método estándar.

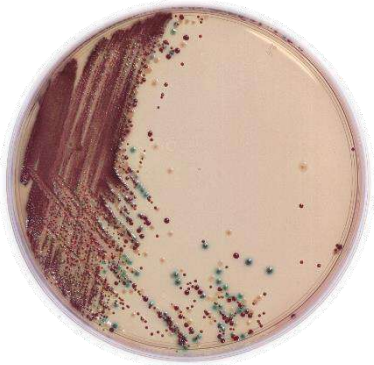
Los distintos métodos de NMP para coliformes totales se basan, en primera instancia, en una selección de los microorganismos que producen ácido y gas a partir de lactosa a 37ºC. Por ello, el primer paso es siempre la siembra en tubos roscados de Caldo Mac Conkey que contiene lactosa, y agregando una campana de Durham o tubo de fermentación invertido, que permite recoger el gas que pueda producirse. A esto sigue una confirmación en un medio líquido selectivo y/o una determinación de los coliformes fecales cuya diferenciación se realiza con base en el hecho de que pueda producir gas desde lactosa, en un medio apropiado cuando se incuba a 44,5ºC mientras que los demás coliformes no (Caldo BRILA: Verde Brillante Bilis Lactosa).



También es utilizado el método de filtración por membrana para el recuento de bacterias coliformes totales y fecales. Es un método altamente reproducible, que puede usarse para analizar volúmenes de muestra relativamente grandes y con el que se obtienen resultados en menor tiempo que con el NMP. Sin embargo, no puede aplicarse a cualquier tipo de muestra y tiene sus limitaciones. Las bacterias coliformes dan colonias oscuras con brillo metálico en medio Endo, luego de 24 h de incubación a 37ºC. La determinación de coliformes fecales se hace a partir de las colonias desarrolladas en Endo o directamente incubando la membrana en medios selectivos e incubando a 44,5ºC. Para la detección simultánea de coliformes totales y *Escherichia coli* se puede utilizar la prueba de sustrato enzimático.

En este caso, el grupo de coliformes totales incluye todas las bacterias que presentan la enzima beta-D-galactosidasa, que hidroliza un sustrato cromogénico (por ejemplo, ONPG) liberando el cromógeno. Como *E. coli* se incluyen todas las bacterias que dan positiva la reacción de coliformes totales y que tienen actividad ßglucuronidasa, que rompe el sustrato fluorogénico (por ejemplo, MUG), liberando el fluorógeno. Este método permite llevar a cabo tanto recuentos como ensayos de ausencia/presencia. También se usa como indicador de contaminación fecal la presencia *de Enterococcus faecalis.* El hábitat normal de *Enterococcus faecalis* es el intestino del hombre y los animales de sangre caliente, por lo tanto, son indicadores de contaminación fecal, sobre todo en muestras de lagos, estuarios, ríos, etc.

La identificación de las especies puede proporcionar información sobre la fuente de contaminación debido a que algunas especies son específicas en cuanto a sus posibles huéspedes. Otro grupo de indicadores que ha comenzado a utilizarse en aguas lo constituyen los colífagos, que son bacteriófagos de coliformes, es decir, se encuentran siempre que haya coliformes totales y fecales. De acuerdo con estudios de correlación entre números de colifagos y coliformes en agua, se podría utilizar el índice de colífagos como índice de calidad sanitaria del agua. Además, como son más resistentes a la cloración que los coliformes, pueden ser mejores indicadores de desinfección que estos últimos.



Las materias fecales del hombre y de los animales contienen una gran variedad de microorganismos enteropatógenos como *Campylobacter, Salmonella, Shigella, Yersinia, Aeromonas, Pasteurella, Francisella, Leptospira, Vibrio*, protozoarios y varios grupos de virus. Cuando estos microorganismos son descargados en aguas naturales, su presencia denota contaminación fecal y constituyen un riesgo de trasmisión de enfermedades para la población humana. Las bacterias enteropatógenas por lo general aparecen en cantidades bajas en aguas naturales, razón por la cual su detección en el laboratorio se logra con cierta dificultad.

Por otro lado, las técnicas de cultivo para su aislamiento son complejas y laboriosas. Estas desventajas han llevado a diseñar técnicas microbiológicas para el análisis de agua basadas en la detección de otros microorganismos presentes en las materias fecales y que puedan servir de indicadores. Aunque los *Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Enterococos y Escherichia coli* son utilizados como indicadores de contaminación fecal, su uso ha presentado algunas desventajas, ya que han sido reportados casos de enfermedades entéricas por consumo de agua en la cual no se había detectado coliformes. Además, ninguno de estos microorganismos sirve como indicador de contaminación viral.

Por esto los virus de *Escherichia coli* conocidos como colifagos pueden ser mejores indicadores de contaminación fecal. La presencia de colifagos en heces humanas y desagües es constante y su detección es fácil y rápida. Los colifagos son virus que infectan células de *E. coli* y han sido aislados fácilmente de aguas contaminadas conjuntamente con los coliformes totales y termo tolerantes. Además de ser indicadores de contaminación fecal son también considerados como indicadores de la presencia de enterovirus en aguas naturales y tratadas. Estudios sobre aguas han sugerido el uso de los colifagos como indicadores de la eficacia del proceso de remoción microbiana en plantas de tratamiento durante la potabilización del agua.

Esto se debe a la capacidad de estos virus de ser más resistentes al proceso de tratamiento del agua que las bacterias indicadoras convencionales. El método de cuantificación se basa en la formación de placas de lisis. Los colífagos (bacteriófagos) infectan y se multiplican en bacterias sensibles a ellos. Esto provoca la lisis celular de esas bacterias y la liberación de partículas virales que infectarán las células bacterianas adyacentes.

A medida que las bacterias se vayan lisando, se formarán zonas claras entre el crecimiento confluente de la bacteria utilizada, determinando las conocidas como "placas de lisis". La cepa utilizada en los ensayos es una *E. coli* sensible a la infección por colífagos (ATCC 13706). La falta de higiene y la carencia o el mal funcionamiento de los servicios sanitarios son algunas de las razones por las que la diarrea continúa representando un importante problema de salud en los países en desarrollo.

Los procedimientos sanitarios pueden aplicarse bien para evitar la contaminación del agua o bien para destruir el patógeno que ya se encuentre presente en ella. Los programas de depuración de agua han sido responsables de la disminución de las infecciones transmitidas por agua. La eliminación de la turbidez del agua por filtración, proporciona un significativo descenso en la carga microbiana del agua. Pero la filtración, por sí sola, tiene sólo un valor parcial, porque muchos organismos son filtrables. A diferencia del tratamiento con cloro que ha demostrado ser eficaz en la disminución de la incidencia de enfermedades transmitidas por agua.

El agua puede contaminarse en la fuente de suministro, por el ingreso de contaminantes durante la distribución del agua y dentro de la vivienda, por el uso de recipientes mal protegidos o por la manipulación insalubre del agua, aun cuando la fuente se encuentre razonablemente protegida. Por ello, para ayudar a prevenir las enfermedades transmitidas por agua, deberían tomarse algunas medidas sencillas como: Hervir el agua hasta que comience a evaporarse, desinfectar el agua colocando dos gotas de cloro por litro de agua, durante media hora, antes de su consumo y lavarse las manos después de ir al baño y antes de manipular alimentos. **La investigación microbiológica de la potencial contaminación del Agua Potable de bebida se centraliza en cuatro (4) tres exámenes de rutina a saber, NORMATIZADAS y NORMALIZADAS en el Código Alimentario Argentino Actualizado:**

- **Recuento de Aerobios Mesófilos, por siembra en profundidad.**
- **Recuento de Coliformes totales y fecales por técnica del NMP.**
- **Determinación de Escherichia coli (como indicador de contaminación fecal).**
- **Presencia de Pseudomona sp. por siembra en superficie.**

Los criterios microbiológicos para los tres ensayos, serán, los siguientes:

- **Aerobios Mesófilos a 37° por 24 horas: hasta 300 ufc/ml, en Agar para recuento en placa.**
- **Coliformes: hasta 3 / 100ml según MNP a 37° C por 48 hs en Caldo Mac Conkey.**
- **Pseudomona sp: Ausencia en 100 ml, en Agar Cetrimide a 37° C por 48 hs.**
- **Escherichia coli: Ausencia en 100 ml, en Caldo Brila a 44° C por 48 hs, repicado en EMB de Levine y cotejado por Pruebas IMViC.**

Las muestras de agua para análisis bacteriológico siempre deben ser tomadas en envases esterilizados. El procedimiento para tomar las muestras de agua es el siguiente:

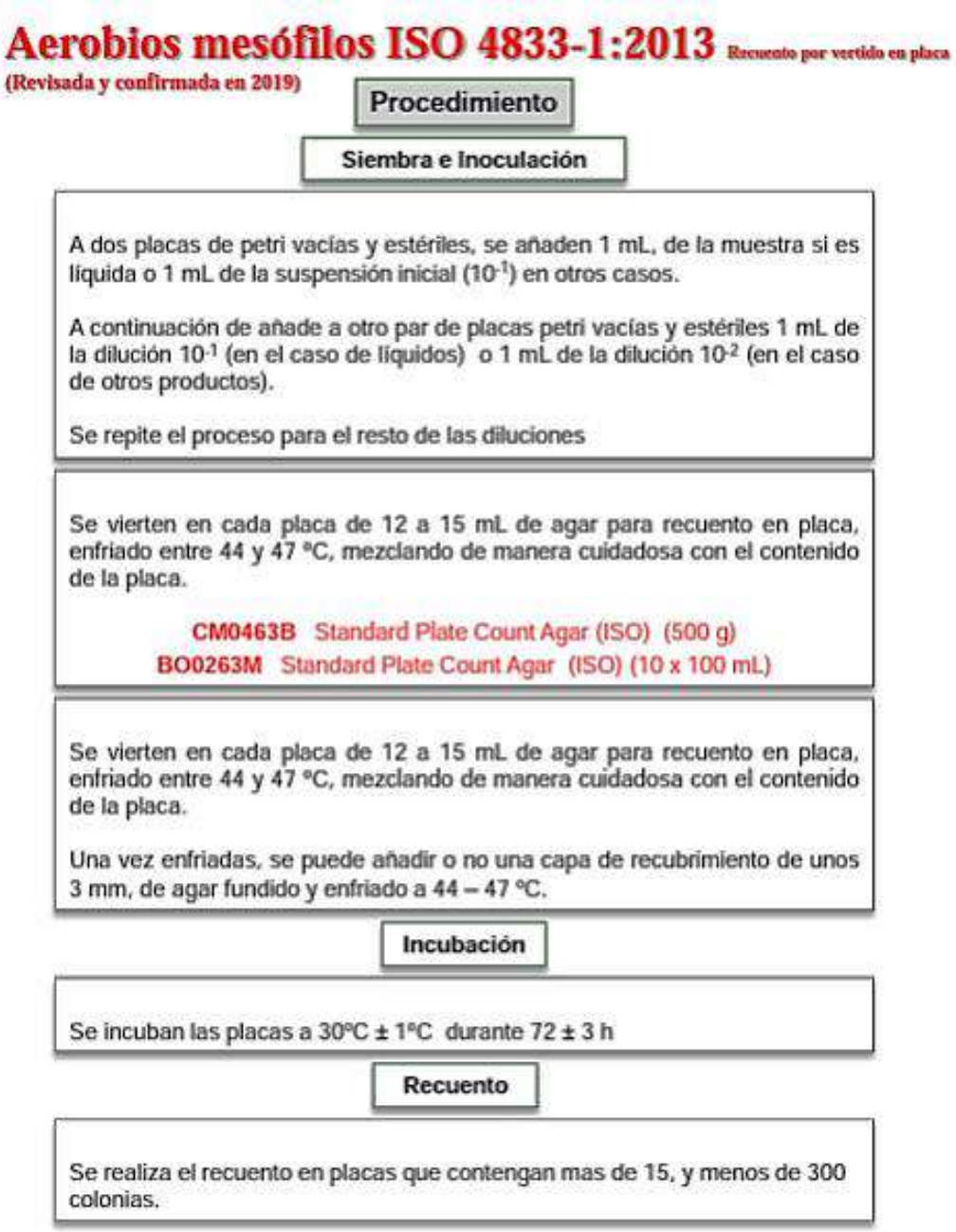
- Obtener un envase estéril que puede ser el utilizado para urocultivo, o en su defecto, un frasco de vidrio de boca ancha y con tapa roscada.
- Elegir el grifo de agua fría del cual se va a tomar la muestra. Quitar filtros y oxigenadores si los tuviere. No tomar muestras de: un grifo de agua caliente, un grifo que mezcle agua fría y agua cliente; un grifo que gotee; cualquier grifo que entregue agua suavizada, filtrada o de otra manera tratada.
- Esterilizar la superficie interna del grifo con la llama de un hisopo de algodón embebido en alcohol (un encendedor de gas butano desechable también sirve). No limpiar el grifo después de esterilizarlo.
- Lavarse las manos antes de tomar la muestra.
- Dejar correr el agua a chorro abierto por 5 minutos, aproximadamente, para evacuar la tubería y hacer correr el agua fresca.
- Reduzca el caudal del agua al tamaño de un lápiz para tomar la muestra.
- Abrir el envase esterilizado con cuidado. Sostener la tapa en una mano y el envase en la otra (mantener la tapa en la mano y no tocar la superficie interior de la tapa o del envase). Llenar la botella completamente sin que se derrame el agua.
- Tapar el envase inmediatamente después de tomada la muestra.
- Refrigerar la misma y llevar al laboratorio, en una cubeta con hielo, tan pronto como sea posible (dentro de seis horas es recomendado, pero se puede tardar hasta 30 horas, refrigerando sin congelar).

Para obtener resultados confiables en las pruebas microbiológicas, tomarse muestras estériles:

- Cuando se toma agua de un grifo hay que limpiar primero el grifo con un paño y dejar que el agua salga con toda su fuerza por uno o dos minutos.
- En seguida se debe esterilizar el grifo, por ejemplo, con un hisopo de algodón empapado en alcohol.
- Luego se debe abrir de nuevo el grifo, esta vez en forma moderada.
- La boca del frasco debe protegerse contra el polvo cubriéndola con un pedazo de papel de aluminio y una cuerda.
- Con el tapón hacia abajo para evitar la entrada del polvo, que podría contener microbios, se llena la botella inmediatamente.
- Se debe dejar un pequeño espacio de aire para facilitar la agitación antes del análisis.
- Por último, se tapa de nuevo la botella con el papel y el elástico.

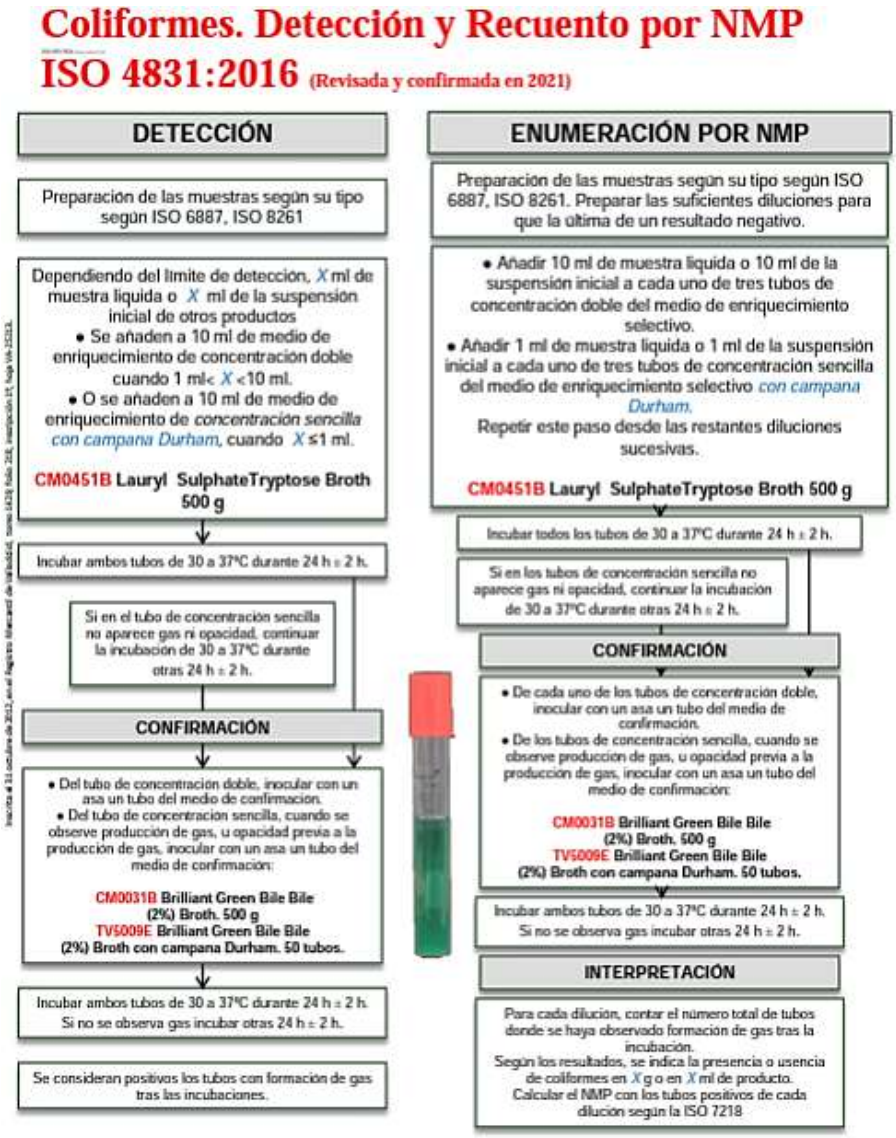
Recuento de Aerobios Mesófilos Totales o Recuento de Heterótrofos en Placa (Aerobios mesófilos ISO 4833-1:2013)

Se obtiene la muestra tomada de un grifo previamente flameado, se llevan a un frasco estéril 10 ml de esta muestra y 0,1 de peptona y se realizan diluciones seriadas de 10^{-1}, 10^{-2} y 10^{-3} (´esto en el caso de no ser agua de red domiciliaria oficial). Se procede a realizar la siembra en profundidad: se colocan en la placa de Petri y con pipeta estéril 0,1 ml de cada dilución y luego se vierte Agar para Recuento en Placa (PCA) a 45° - 50° C. incubándose a 37° C por 24 a 48 hs. El CAA determina un criterio microbiológico de hasta 300 ufc (Unidades formadoras de colonia) x ml para agua potable y de hasta 10^5 para aguas minerales.



Recuento de Coliformes Totales (Coliformes ISO 4831:2016)

Aquí utilizamos la Técnica del Número más Probable (NMP) que es una combinación estadísticamente probada de tubos con Caldo Mac Conkey (simple y doble concentración) versus cantidades igualmente ya estimadas del agua problema a analizar. Estas combinaciones aparecen en las Tablas de MNP y de allí obtenemos el resultado estimado de cuántos coliformes tenemos por 100 ml de agua a estudiar luego de 48 hs. de incubación a 37° C.



La mayormente utilizada, es la siguiente combinación: 1 tubo con 10 ml de Caldo Mac Conkey concentración doble más 10 ml de agua problema; 3 tubos con 10 ml de Caldo Mac Conkey concentración simple con 1 ml de agua problema cada uno y 1 tubo con 10 ml de Caldo Mac Conkey simple concentración, más 0,1 ml de agua a estudiar.

TABLA DEL NMP EN 100ml DE MUESTRA CON HASTA 3 DILUCIONES

Número de Cultivos Positivos	COMBINACIÓN UTILIZADA PARA LA SIEMBRA										
10 1 0,1 ml	0-0-5	0-1-4	0-2-3	0-3-2	0-4-1	1-1-3	1-2-2	1-3-1	2-1-2	2-2-1	3-1-1
0 0 1	220	74	45	32	25	9	8	7	5	4	3
0 0 2	51	150	91	65	——	17	17	——	9	——	——
0 0 3	920	240	140	——	——	27	——	——	——	——	——
0 0 4	1600	340	——	——	——	——	——	——	——	——	——
0 1 0	——	130	57	36	28	9	8	8	5	4	3
0 1 1	——	330	120	77	57	19	17	16	10	9	6
0 1 2	——	700	190	120	——	28	26	——	15	——	——
0 1 3	——	1400	280	——	——	38	——	——	——	——	——
0 2 0	——	——	200	96	67	——	18	17	——	10	——
0 2 1	——	——	450	160	100	——	27	25	——	14	——
0 2 2	——	——	1100	220	——	——	36		——	——	——
0 3 0	——	——	——	280	130	——	——	26	——	——	——
0 3 1	——	——	——	710	190	——	——	35	——	——	——
0 4 0	——	——	——	——	370	——	——		——	——	——
1 0 0	——	——	——	——	——	22	17	14	7	6	4
1 0 1	——	——	——	——	——	80	46	36	13	12	8
1 0 2	——	——	——	——	——	170	96		21	——	——
1 0 3	——	——	——	——	——	280	——	——	——	——	——
1 1 0	——	——	——	——	——	150	61	42	14	13	8
1 1 1	——	——	——	——	——	430	130	81	21	20	12
1 1 2	——	——	——	——	——	1100	210		30	——	——
1 2 0	——	——	——	——	——	——	240	100	——	21	——
1 2 1	——	——	——	——	——	——	700	170	——	29	——
1 3 0	——	——	——	——	——	——		320	——	——	——
2 0 0	——	——	——	——	——	——	——	——	29	24	10
2 0 1	——	——	——	——	——	——	——	——	87	52	16
2 0 2	——	——	——	——	——	——	——	——	180	——	——
2 1 0	——	——	——	——	——	——	——	——	180	66	17
2 1 1	——	——	——	——	——	——	——	——	700	140	24
2 2 0	——	——	——	——	——	——	——	——		300	——
3 0 0	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	33
3 0 1	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	95
3 1 0	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	240

COMBINACIONES UTILIZADAS RUTINARIAMENTE

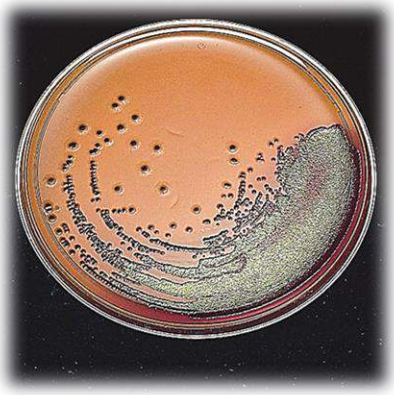
Índices de NMP y límites de confianza de 95 % para variar combinaciones de resultados positivos y negativos, cuando se utilizan 3 tubos con 10 ml de muestra

Toda esta batería es por cada muestra a analizar. Los tubos son roscados y con campana de Durham, y serán (+) los que desarrollen gas, viren el color púrpura del medio amarillo o ambas cosas. Por supuesto, luego pasamos a medios selectivos de identificación bacteriana y finalmente a las pruebas IMViC, que nos darán el nombre y el apellido del coliforme presente.

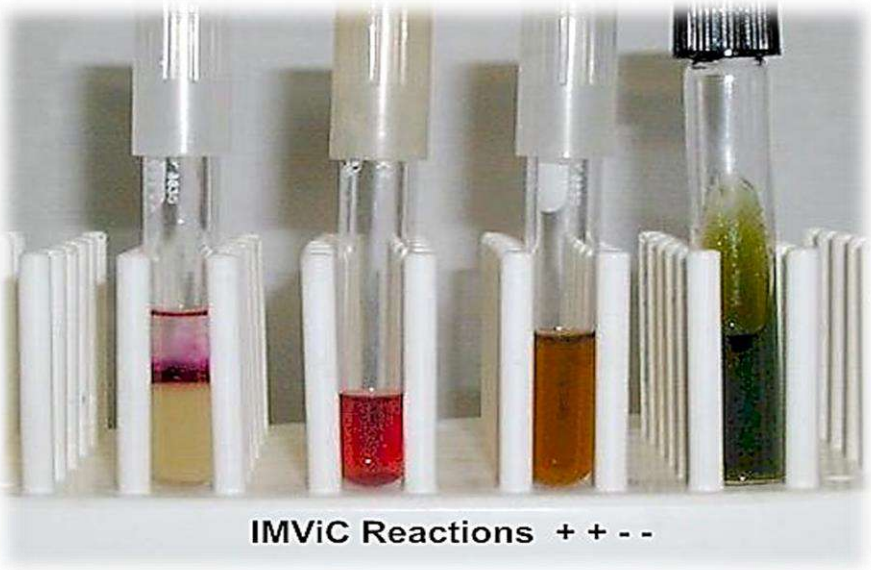
Asimismo, se siembran de cada muestra, 10 ml de agua problema en tubos roscados con campana de Durham, conteniendo 10 ml de Caldo Brila, los cuales se llevan en un Baño María a 44° C por 48 hs. Se sigue con los (+) el mismo procedimiento o marcha que con los tubos de Agar Mac Conkey. Cuando no hay formación de gas en 48 horas de incubación la prueba se considera negativa en ambas temperaturas: 37° C y 44° C. Si hubiera tubos (+) se hará el siguiente paso:

- De la batería del NMP, se tomará el tubo (+) que contenga más concentración de agua problema, y se sembrará en una placa de Agar Mac Conkey en estrías (en superficie), incubándola 24 hs a 37° C. Esto debe hacerse con cada batería en donde existan tubos (+), identificando correctamente cada muestra.
- Con respecto al o a los tubos (+) de Caldo Brila, el proceso será similar a 1), pero se cambiará el medio sólido utilizado anteriormente por Agar EMB de Levine.

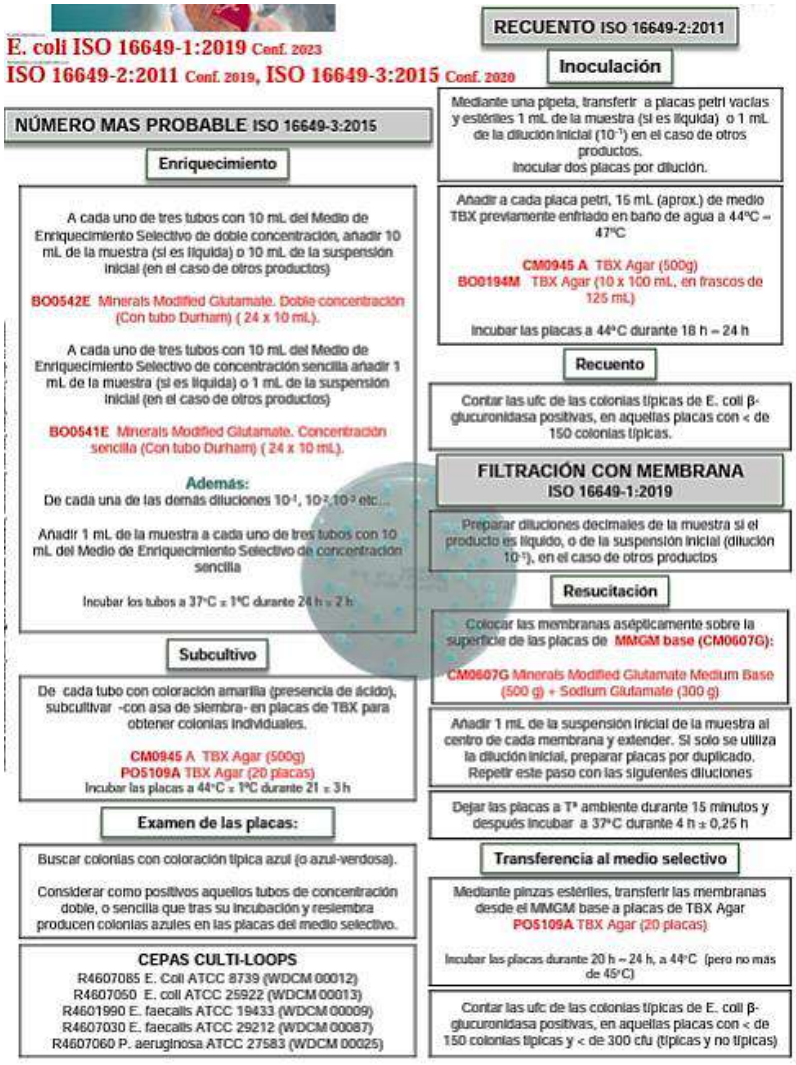
Los miembros de la familia Enterobactereaceae son bacilos Gram negativos, inmóviles o móviles con flagelos periticos que desarrollan en medios artificiales y todas las especies forman ácido o ácido y gas a partir de lactosa y a veces también de glucosa. Su composición antigénica es un mosaico que interrelaciona serológicamente varios géneros y aun familias,



muchas de estas bacterias son parásitos de animales y otros patógenos. Para enjuiciar la calidad de las aguas se recurre a parámetros físicos, químicos y biológicos. Los parámetros bacteriológicos tienen mayor importancia para dictámenes higiénicos; es preciso hallar el número de gérmenes saprófitos o de coliformes y de bacterias procedentes del intestino humano como indicadores de la contaminación. Conviene destacar la importancia que tienen las cifras de E. coli y coliformes, pertenecientes a las enterobacterias que fermentan lactosa con producción de gas y ácido. Las bacterias coliformes suelen encontrarse en el aparto intestinal del hombre y animal. E. Coli, rara vez se encuentra fuera del intestino. Las bacterias coliformes son bacilos cortos, gram negativos que fermentan la lactosa y forman ácido y gas. Son anaerobios facultativos, se multiplican a mayor rapidez a temperatura entre 30 y 37 ºC, crecen abundantemente en medios corrientes, como caldo y agar. Las colonias de E. Coli que desarrollan en Agar E.M.B. (eosina y azul de metileno) de Levine, tienen 2 a 4 mm de diámetro, un centro grande de color oscuro e incluso negro, y tienen brillo verde metálico cuando se observan con luz refleja. Asimismo, se deben realizar las llamadas Pruebas de Identificación Bioquímica o Pruebas IMViC (Indol, Rojo Metilo (R.M.), Voges – Proskauer (V.P.) y Citrato). La reacción de IMViC de algunas bacterias coliformes como E. Coli (+ + - -), significa que produce Indol, es positivo al rojo de metilo y negativo al V.P. y al Citrato. Hay 16 combinaciones posibles de resultados prueba negativa y positiva.



Recuento de Escherichia coli fecal o termorresistente (ISO 16649-1:2019, ISO 16649-2:2011, ISO 16649-3:2015



Son técnicas de NMP semejantes a lo anterior pero cultivándolas a 44°C y luego repicando en Agar EMB de Levine y pruebas IMViC para confirmar.

Recuento de Pseudomona spp (ISO 16266-2)

Los procesos productivos en organizaciones de bienes o servicios, generan diferentes residuos de tipo sólido, líquido o gaseoso, que, según el proceso, pueden contener algunas sustancias químicas que contribuyen a la contaminación del medio ambiente. En el caso de los residuos líquidos, también llamados vertimientos, que regularmente son descargados a las líneas de alcantarillados como disposición final y otras veces, a sitios de almacenamiento o tanques antes de su eliminación, hecho que propicia condiciones ambientes especiales para que ecosistemas microbianos tengan condiciones especiales para su crecimiento y conservación.

Entre estos ecosistemas, se encuentran las bacterias del género *Pseudomonas (antiguamente llamadas Bacilos piociánicos)*, que tienen alta adaptabilidad a utilizar una gran variedad de sustancias químicas como fuente de carbono, nitrógeno y energía. Esta adaptación, es un proceso catabólico que implica la producción de enzimas degradativas que han sido codificadas por genes adquiridos y por procesos de transferencia horizontal, muy común en las bacterias Gram negativas, y en donde interviene el DNA extracromosomal como son los plásmidos o por mecanismos genómicos como son los transposones. Agar Cetrimide es un medio sólido específico para el crecimiento de *Pseudomona aeruginosa* al tener componentes que favorecen su aislamiento y al estar en los laboratorios como medio de uso común para la recuperación de este microorganismo y otras especies, se pretende ver si se pueden aislar directamente de estas muestras ambientales, teniendo en cuenta el número de células que haya o la concentración de sustancias químicas que tenga.

Se siembra desde el tubo de la muestra problema en superficie, y en estrías, incubando la placa por 24 hs a 37° C. Las colonias típicas de Pseudomonas aeruginosa son pequeñas, generalmente de color verdoso, con fluorescencia verdosa a la luz ultravioleta. Si no hay colonias típicas, la muestra cumple el requisito en cuanto a ausencia de P. aeruginosa. Si hay colonias típicas, transferir a agar nutritivo inclinado. Incubar a 37º C por otras 24 horas. A partir del agar nutritivo hacer una coloración de Gram: la Ps. aeruginosa es un bacilo Gram negativo no esporulado. Para la prueba de la oxidasa, en una placa de Petri colocar un disco de papel de filtro. Impregnar con el reactivo N, N-dimetil-p-fenilen diamonio dicloruro y dejarlo secar en la estufa.

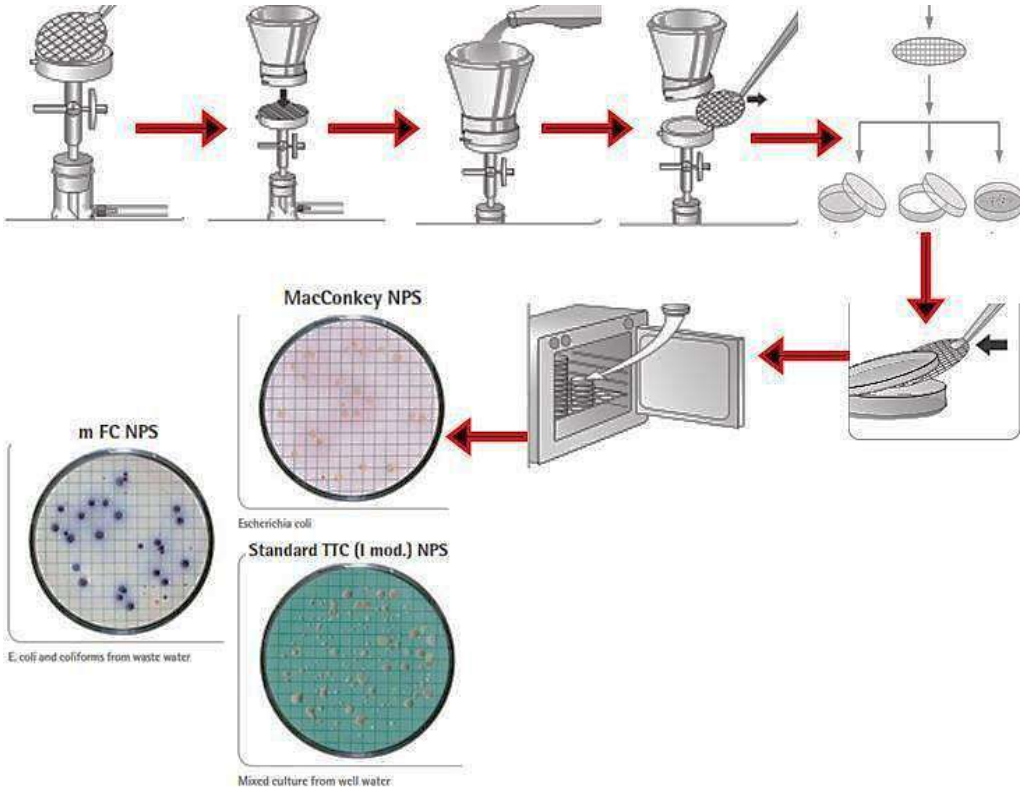
Con una pipeta Pasteur estéril con la punta cerrada, transferir una pequeña cantidad del cultivo del tubo de agar inclinado, al papel de filtro. El desarrollo de un color rosado, casi púrpura, se considera una prueba de oxidasa positiva. Otras pruebas que se pueden investigar son: Prueba de reducción del nitrato, Prueba de licuefacción de la gelatina, Prueba del gluconato y Prueba del Citrato.

- **TÉCNICA DE FILTRACIÓN DE MEMBRANA PARA AGUA POTABLE**

Los microorganismos en una muestra de agua se pueden recolectar con un filtro de membrana para microfiltración. La membrana se puede transferir a un medio de cultivo microbiológico para su posterior identificación o cuantificación de microorganismos. Los métodos de filtración por membrana se utilizan normalmente para la detección de microorganismos como *E. coli, Clostridium spp, Coliformes fecales, Aerobios mesófilos totales y Pseudomonas aeruginosa.*

Estos métodos implican el uso de filtros de membrana y de colectores o rampas de filtración. Para la detección de coliformes totales y coliformes fecales (E.coli) es utilizado el método de filtración por membrana, el cual es un método altamente reproducible, puede usarse para analizar volúmenes de muestra relativamente grande y se obtienen resultados en menor tiempo que con el NMP. Sin embargo, no puede aplicarse a cualquier tipo de muestra y tiene sus limitaciones también se encuentra éntrelos métodos standards.

La muestra de agua se hace pasar mediante vacío por un filtro de celulosa de 0.45 micras de tamaño de poro, para que queden retenidas en él, las bacterias de tipo coliformes y las mesófilas. El filtro es colocado en un medio de cultivo específico para lo que se desea determinar en la muestra (coliformes totales, coliformes fecales y microorganismos mesófilos), incubando a 35 grados centígrados más o menos dos grados durante 18 a 20 horas.



Se debe utilizar filtro de membrana con un diámetro de poro que permita una completa retención de las bacterias coliformes. Se debe tener en cuenta que estos filtros estén libres de químicos susceptibles a inhibir el crecimiento y desarrollo bacteriano, que posean una velocidad de filtración satisfactoria. El método de filtración por membrana es un método ágil y poco dispendioso. La lectura de resultados se da en un mejor tiempo (24 horas) a comparación del método NMP, además se puede utilizar en pruebas de campo, empleando accesorios adecuados, el análisis se dificulta en muestras de aguas muy turbias o con abundante carga bacteriana. Este inconveniente es posible remediarlo, haciendo diluciones de la muestra o haciendo inóculos muy pequeños de acuerdo con el tipo de muestra a analizar. Los microorganismos de tamaño menor que el específico del poro pasan por la membrana o quedan retenidos en su interior, las bacterias quedan en la superficie de la membrana y luego esta es llevada a un medio selectivo, quien a través de intercambio metabólico y una incubación, evidencian el crecimiento de microorganismos y unidades formadoras de colonias.

Una membrana adecuada para las pruebas de esterilidad posee un tamaño de poro de 0,45 µm, un diámetro aproximado de 47 - 50 mm, y tiene un borde hidrofóbico o de baja retención de producto para minimizar la inhibición microbiana de los residuos que puedan quedar. retenidos en la membrana. Si el producto no tiene sustancias inhibidoras puede usar una membrana sin borde hidrofóbico, pero debe humedecerse antes de agregar la solución con el producto. Las membranas de nitrato de celulosa se usan para líquidos acuosos, aceites y soluciones acuosas débiles; las membranas de acetato de celulosa, por ejemplo, se usan para soluciones alcohólicas fuertes. Como ventajes, podemos agregar: Buena reproducibilidad; con frecuencia se obtienen resultados en un solo paso; los filtros pueden intercambiarse entre medios diferentes; pueden procesarse grandes volúmenes de agua, para aumentar la sensibilidad del ensayo, ahorro de tiempo considerable; posibilidad de realizar la filtración in situ y un bajo costo en comparación con el método NMP.

Médico Veterinario (1983-Facultad de Ciencias Veterinarias-Universidad Nacional de Rosario), especializado en Inocuidad y Seguridad Alimentaria; Bromatología y Microbiología de los Alimentos, según su currícula de grado. Cursó la I Maestría en Tecnología de los Alimentos (1999 y 2000-Facultad de Ciencias Químicas-Universidad Católica de Córdoba). Por 33 años, prestó servicios en el Ejército Argentino como Oficial del Servicio de Veterinaria, Jefe del laboratorio de alimentos, Auditor Oficial en la Inspección General del Ejército Argentino y Oficial de Seguridad Alimentaria dentro del Servicio Veterinario.

Participó en la Organización de las Naciones Unidas (ONU-Misión Minustah en Haití) desde junio de 2004 a febrero de 2005, como Jefe de la Sección Sanidad del Batallón Conjunto Argentino 1; Oficial de Asuntos Civiles, Jefe de Seguridad Alimentaria y Ambiental; Medicina de Catástrofes y Director del Hospital de Campaña Argentino Conjunto. Distinguido con medalla y diploma por su trabajo profesional, tanto por Naciones Unidas como por el Servicio de Veterinaria del Ejército Argentino y por el Consejo Profesional de Médicos Veterinarios de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Se retiró en el año 2013 como Coronel Veterinario.

Desde 2014 desempeñó tareas docentes e-learning en las Consultoras: QUALITY INTERNATIONAL (Uruguay); APOYO CONSULTIVO (México); GRUPO LIDERA (Perú); ESTRATEGIA CONSULTORA (Ecuador); CM CONSULTORA (República Argentina); MARIFÉ MONTES LUNA (España); ESCUELA EUROPEA DE EMPRESA (España); UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (Argentina); GLOBAL FS INTERNATIONAL (EEUU y Latinoamérica); SEMITECH (Venezuela); INICIATIVAS EMPRESARIALES (España); ACIN (México); SIGEN CONSULTORA (México); CESNYA (Argentina y Uruguay) y UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL CIBAO (República Dominicana). Actualmente se desempeña como especialista técnico de contenidos, escritor, autor y docente e-learning con 9 Cursos de su autoría en las siguientes Consultoras y Claustros Educativos: CESCAL (República Argentina), NUTRINFO (República Argentina); DEL SUR Consultora Ambiental (Argentina); VET COMUNICACIONES (Argentina) y UNIVERSIDAD DUCENS (México). Asimismo, participa como docente y autor de 3 módulos, en Diplomaturas de Microbiología de alimentos y gestión de la calidad alimentaria en: UNIVERSIDAD DUCENS (México) y UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO - Facultad de Química (México). Es autor de un blog científico (https://bagginis.blogspot.com/), un canal de YouTube (https://www.youtube.com/c/SANTIAGOPABLOBAGGINI/videos) y propietario de dos grupos científicos en Facebook (https://www.facebook.com/groups/2775102395836023) y LinkedIn (https://www.linkedin.com/groups/8952134/). Contribuidor principal en diferentes grupos científicos de opinión, nacionales y extranjeros sobre Inocuidad y Seguridad Alimentaria ubicados en las distintas redes sociales profesionales vigentes, entre los que se destacan:

ACADEMIA.EDU: https://bdp.academia.edu/SANTIAGOPABLOBAGGINI

RESERCHARGE.NET: https://www.researchgate.net/profile/Santiago-Baggini

SLIDESHARE.NET: https://es.slideshare.net/SANTIAGOPABLOBAGGINI/edit_my_uploads

Es autor de tres libros: Enfermedades Transmitidas por los Alimentos; Guía práctica de microbiología en agua y alimentos y Buenas prácticas en la industria de los alimentos.